



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

KARITA TUOMINEN
ENERGIATEKNISTEN TUOTTEIDEN SUUNNITTELUPROSESSIN
KEHITTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastaja: professori Risto Raiko
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 7. lokakuuta
2015

TIIVISTELMÄ

Karita Tuominen: Energiateknisten tuotteiden suunnitteluprosessin kehittäminen
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 53 sivua, 6 liitesivua
Lokakuu 2015
Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Voimalaitos- ja polttotekniikka
Tarkastaja: professori Risto Raiko

Avainsanat: Tilaus- ja toimitusprosessi, lämmönsiirrin, Autodesk Inventor

Tämän diplomityön tavoitteena oli tutkia ja löytää keinoja, joiden avulla pystyttäisiin kehittämään Vahterus Oy:n nykyistä tilaus- ja toimitusprosessia. Nykyisen tilaus- ja toimitusprosessin läpimenoaikaa pitkittää tuotteiden suunnitteluvaiheessa tehtävät ylimääräiset työt ja suunnittelussa käytettävien ohjelmien väliltä puuttuva tiedonsiirto. Tiedonsiirtoa ei tapahdu, koska ohjelmat eivät ole yhteyksissä toisiinsa, jolloin sama tieto pitää erikseen kirjata uudelleen jokaiseen ohjelmaan. Tämä kasvattaa mahdollisten virheiden määrää.

Työn alussa perehdyttiin nykyiseen tilaus- ja toimitusprosessiin ja siinä käytössä oleviin ohjelmiin. Tarkastelun yhteydessä saatiin myös selville tilaus- ja toimitusprosessin kehityskohteet. Tämän jälkeen pohdittiin mahdollisia keinoja, joiden avulla pystyttäisiin kehittämään nykyistä tilaus- ja toimitusprosessia. Ratkaisuna löydettiin kolme kehitysvaihtoehtoa: 2D-suunnittelun parantaminen, parametrisoitu 3D-suunnittelu ja tiedonhallintajärjestelmä. Näistä kahta ensimmäistä vaihtoehtoa tutkittiin kokeellisesti Autodesk Inventorin avulla ja kolmatta kirjallisuuden ja konsulttiyritykseltä saatujen tietojen avulla.

Tutkimusten tuloksena huomattiin, että jokaisella kehitysvaihtoehdolla pystytään vaikuttamaan nykytilanteeseen. Vaikutus vaihtelee vaihtoehdosta riippuen. Kuitenkin jokaisen kehitysvaihtoehdon toteuttaminen vaatii sekä rahallisia että ajallisia panostuksia. Näistä huolimatta nykyistä tilaus- ja toimitusprosessia tulee kehittää joka tapauksessa jossakin vaiheessa, jotta yritys voi jatkossakin vastata asiakkaittensa vaatimuksiin ja jotta se pysyy mukana jatkuvasti tapahtuvassa kehityksessä. Nämä asiat eivät ole mahdollisia nykyisellä tilaus- ja toimitusprosessilla.

ABSTRACT

Karita Tuominen: Development of the design process of energy technical products

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 53 pages, 6 Appendix pages

October 2015

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

Major: Power Plant and Combustion Technology

Examiner: Professor Risto Raiko

Keywords: Order and delivery process, heat exchanger, Autodesk Inventor

The aim of this thesis was to explore and to find ways to develop Vahterus Ltd's current order and delivery process. The current order and delivery process turnaround time is prolonged by the extra work in the product design phases and the lack of data transfer between the software used in the designing. Data transfer does not take place, because the programs are not interconnected, so the same information needs to be separately recognized for each program. This increases the number of possible errors.

The first task of this work was to familiarize and review the current order and delivery process, and the use of existing programs. In this review the development areas for order and delivery process were identified. The next step was to determine possible ways to develop the current order and delivery process. As a solution three development options were found: improving 2D designing, parameterized 3D designing and data management system. The first two options were studied experimentally using Autodesk Inventor and the third using information obtained from literature and consulting firm.

As a result of studying the three options it was discovered that each development option would be able to affect the current situation. The effect varies depending on the option. However, the execution of each development option requires both financial and temporal investments. In spite of these, the current order and delivery process should be developed, at some point, so that the company can continue to meet customer requirements and ensure that it keeps pace with the continuous development. These things are not possible with the current order and delivery process.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Vahterus Oy:lle. Haluan kiittää Vahterus Oy:tä mahdollisuudesta työn tekemiseen. Erityiskiitokset ohjaajilleni tuotantopäällikkö Rami Anttilalle ja pääsuunnittelija Tommi Järvelälle työn ohjauksesta ja opastuksesta. Kiitos myös muille henkilöille, jotka ovat edesauttaneet työn etenemisessä. Suuret kiitokset myös työni tarkastajalle professori Risto Raikolle palautteesta ja ohjauksesta työn aikana.

Kalannissa 06.11.2015

Karita Tuominen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Diplomityön tausta ja lähtökohdat.....	1
1.2	Työn tavoitteet.....	1
1.3	Tutkimusote ja -menetelmät.....	1
1.4	Työn sisältö	2
1.5	Vahterus Oy.....	2
2.	TEORIAOSUUS.....	3
2.1	Lämmönsiirrin	3
2.1.1	Lämmönsiirtomekanismit.....	3
2.1.2	Levylämmönsiirrin.....	4
2.1.3	Plate & Shell levylämmönsiirrin.....	5
2.2	Tietokoneavusteisen suunnittelun kehitys	6
2.3	Toiminnanohjausjärjestelmät	7
2.3.1	Toiminnanohjaus (ERP).....	7
2.3.2	Toiminnanohjausjärjestelmien kehitys.....	8
2.4	Dokumentinhallintajärjestelmä	9
2.4.1	Dokumentinhallinta.....	9
2.4.2	Dokumentinhallintajärjestelmien kehitys.....	10
3.	TILAUS- JA TOIMITUSPROSESSIN NYKYTILA	12
3.1	Ohjelmat.....	12
3.2	Prosessin kulku	14
3.3	Kehityskohteet.....	16
4.	KEHITYSVAIHTOEHTO 1: 2D-SUUNNITTELUN PARANTAMINEN	17
4.1	Autodesk Inventor	17
4.2	2D-kuva.....	17
4.2.1	Kuvan laadinta	17
4.2.2	Esille nousseet havainnot	18
4.2.3	Selvityksen tuloksia	19
5.	KEHITYSVAIHTOEHTO 2: PARAMETRISOITU 3D-SUUNNITTELU	20
5.1	Parametrisuus	20
5.2	Parametrisoitu kokoonpano.....	20
5.2.1	Parametrisointi	20
5.2.2	Parametrisointi Excelin avulla.....	22
5.2.3	Parametrisoinnin soveltaminen.....	26
5.2.4	Tulokset	28
6.	KEHITYSVAIHTOEHTO 3: TIEDONHALLINTAJÄRJESTELMÄ	30
6.1	Sovelia PLM.....	30
6.2	Autodesk Vault.....	31
6.3	Tiedonhallintajärjestelmän soveltuvuus.....	32
7.	VERTAILU NYKYTILANTEeseen	34

7.1	Kehitysvaihtoehdon 1 vertailu nykytilanteeseen.....	34
7.2	Kehitysvaihtoehdon 2 vertailu nykytilanteeseen.....	35
7.3	Kehitysvaihtoehdon 3 vertailu nykytilanteeseen.....	37
8.	JOHTOPÄÄTÖKSET	40
8.1	Kehitysvaihtoehto 1: 2D-suunnittelun parantaminen	40
8.2	Kehitysvaihtoehto 2: Parametrisoitu 3D-suunnittelu.....	41
8.3	Kehitysvaihtoehto 3: Tiedonhallintajärjestelmä.....	43
8.4	Yleiset johtopäätökset.....	45
9.	YHTEENVETO.....	48
	LÄHTEET	51

LIITE A: OHJELMAT

LIITE B: TILAUS- JA TOIMITUSPROSESSIN KULKU

LIITE C: LÄMMÖNSIIRRIN PSHE 3HH-200/1/1

LIITE D: AUTODESK INVENTORILLA TEHTY MITTAKUVA

LIITE E: AUTODESK INVENTORILLA TEHTY HITSAUSKARTTA

LIITE F: CAD-Q PLM RATKAISUJEN KATTAVUUS

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Levylämmönsiirtimen virtausmalli [27].....</i>	<i>4</i>
Kuva 2.	<i>Plate & Shell levylämmönsiirtimen rakenne [39].</i>	<i>6</i>
Kuva 3.	<i>Toiminnanohjausjärjestelmien kehityshistoria ja toiminnallisuuden kehittyminen [13].</i>	<i>9</i>
Kuva 4.	<i>Dokumentin elinkaari [2].</i>	<i>10</i>
Kuva 5.	<i>Nykyisen tilaus- ja toimitusprosessin prosessikaavio yrityksessä.</i>	<i>16</i>
Kuva 6.	<i>3D-mallin mitat Parameters-valikossa ennen parametrisointia.</i>	<i>21</i>
Kuva 7.	<i>Suunnittelijan muodostamat parametrit, joita käytetään 3D- mallissa.</i>	<i>21</i>
Kuva 8.	<i>Inventorilla muodostettu parametrisoitu kokoonpano.</i>	<i>22</i>
Kuva 9.	<i>Parametrisoinnissa käytettävä Excel-taulukko.....</i>	<i>22</i>
Kuva 10.	<i>Link-toiminnosta aukeava ikkuna, jonka avulla muodostetaan linkitys Inventorin ja Excel-taulukon välille.....</i>	<i>23</i>
Kuva 11.	<i>Excel-taulukosta kopioidut parametrit Parameters-valikossa.</i>	<i>24</i>
Kuva 12.	<i>Parameters-valikko, kun Inventor-mitat on parametrisoitu kopioitujen parametrien kanssa.</i>	<i>25</i>
Kuva 13.	<i>3rd Party -valikko, jonka avulla voidaan muokata Excel-taulukon parametreja.....</i>	<i>25</i>
Kuva 14.	<i>Parametrisoinnin prosessikaavio, kun se toteutettaisiin Sizing- ohjelmiston ja osaluettelo-ohjelman avulla.....</i>	<i>26</i>
Kuva 15.	<i>Create iPart –ikkuna, jonka avulla muodostetaan iPart.....</i>	<i>27</i>
Kuva 16.	<i>iPart:n vapaasti muutettavat mitat.</i>	<i>27</i>
Kuva 17.	<i>Table-valikko, jonka avulla voidaan muokata iPart-osaa.</i>	<i>28</i>
Kuva 18.	<i>Ehdotettu tiedonhallintajärjestelmä.....</i>	<i>33</i>
Kuva 19.	<i>Kehitysvaihtoehdon 1 prosessikaavio.</i>	<i>41</i>
Kuva 20.	<i>Kehitysvaihtoehdon 2 prosessikaavio.</i>	<i>43</i>
Kuva 21.	<i>Kehitysvaihtoehdon 3 prosessikaavio.</i>	<i>45</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
CAD	Computer Aided Designing – Tietokoneavusteinen suunnittelu
dwg	AutoCad:n käyttämä tiedonsiirtoformaatti
idw	Autodesk Inventorin käyttämä tiedonsiirtoformaatti
Inventor	Autodesk Inventor Professional 2015
ISO	International Organization for Standardization – Kansainvälinen standardisoimisjärjestö
KB	Kilobit – Tallennuskapasiteetin yksikkö
pdf	Adoben kehittämä siirrettävä ”suojattu” tiedostomuoto
PLM	Product Lifetime Management – Tuotteen elinkaaren hallinta
Sovelia	Sovelia PLM - Tiedonhallintajärjestelmä
Vault	Autodesk Vault- Tiedonhallintaohjelmisto

1. JOHDANTO

Johdannossa käydään läpi tämän diplomityön taustoja, tavoitteita ja sisältöä. Luvussa on kerrottu myös työssä käytetyt tutkimusmenetelmät. Luvun lopussa on vielä kohdeyrityksen yritysesittely.

1.1 Diplomityön tausta ja lähtökohdat

Vahterus Oy toimittaa levylämmönsiirtimiä ympäri maailmaa ja yritys vastaa itse tuotteittensa suunnittelusta ja valmistuksesta. Aika, joka kuluu lämmönsiirtimen suunnittelusta siihen, että se voidaan toimittaa asiakkaalle, riippuu suuresti lämmönsiirtimen koosta ja rakenteesta. Perusrakenteiset lämmönsiirtimet voidaan saada toimituskuntoon nopeammin kuin asiakasräätelöidyt lämmönsiirtimet. Koska asiakkaat vaativat kokoajan nopeampia toimitusaikoja tilaamilleen tuotteilleen, tulee myös tilaus- ja toimitusprosessin edetä nopeammin.

Nykyisen tilaus- ja toimitusprosessin läpimenoaikaa pitkittää tuotteiden suunnitteluvaiheessa tehtävät ylimääräiset työt ja suunnittelussa käytettävien ohjelmien väliltä puuttuva tiedonsiirto. Yrityksellä on halua kehittää nykyistä tilaus- ja toimitusprosessia, jotta se pystyisi jatkossakin vastaamaan asiakkaiden vaatimuksiin ja pysyisi mukana jatkuvasti tapahtuvassa kehityksessä.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on tutkia ja löytää mahdollisia ratkaisuja, joiden avulla yritys voisi kehittää nykyistä tilaus- ja toimitusprosessiaan. Niiden avulla yritetään mahdollistaa tiedon yhtäaikaista jakamista. Samalla pyritään myös vähentämään yrityksen suunnittelussa tehtävien ylimääräisten töiden määrää, jolloin myös tilausten läpimenoaikoja saataisiin mahdollisesti lyhennettyä. Kyseisten keinojen avulla yritetään myös minimoida tilaus- ja toimitusprosessissa tapahtuvien virheiden määrää.

1.3 Tutkimusote ja -menetelmät

Työn teoriaosuudessa käytetään kirjallisuudesta saatavaa tietoa. Sen avulla kerrotaan yleisesti lämmönsiirtomekanismeista, levylämmönsiirtimistä sekä yrityksissä käytettävien tietoteknisten järjestelmien kehityksistä.

Työn kokeellisessa osuudessa kartoitetaan kohdeyrityksen tilaus- ja toimitusprosessin nykytila ja tutkitaan millaisilla keinoilla sitä pystyttäisiin parantamaan. Eli käytännössä

pyritään selvittämään, millä tavoin Autodesk Inventor soveltuisi kohdeyrityksen käyttöön.

Työssä tutkitaan mahdollisen tiedonhallintajärjestelmän soveltuvuutta kohdeyrityksen toimintaan, mutta kyseistä järjestelmää ei ole voitu testata kokeellisesti. Tästä johtuen asiaa tutkitaan kirjallisuudesta saatavien tietojen avulla ja haastattelemalla konsulttiyrityksen työntekijää.

1.4 Työn sisältö

Työ aloitetaan teoriaosuudella, jonka alussa tutustutaan yleisellä tasolla lämmönsiirtoon ja levylämmönsiirtimien rakenteeseen ja ominaisuuksiin. Tämän jälkeen esitellään lyhyesti kohdeyrityksen tuotteen rakenne ja sen valmistusprosessi. Teoriaosuudessa otetaan myös katsaus tietokoneavusteisen suunnittelun, tuotannonohjaus- ja dokumentinhallintajärjestelmän kehitykseen. Seuraavassa luvussa perehdytään kohdeyrityksen tilaus- ja toimitusprosessin nykytilaan. Samalla tutustutaan yrityksen suunnittelussa käytettäviin ohjelmiin ja selvitetään niiden roolit nykyisessä prosessissa. Näiden tarkastelujen avulla selvitetään mahdolliset kehityskohteet ja samalla yritetään miettiä niihin ratkaisuvaihtoehtoja. Seuraavissa luvuissa tutkitaan mahdollisten ratkaisuvaihtoehtojen toteuttamiskeinoja ja mahdollisia soveltuvuuksia. Tämän jälkeen verrataan tutkimuksista saatuja tuloksia nykytilanteeseen. Vertailujen avulla pyritään selvittämään, miten nykytilanne mahdollisesti muuttuisi, jos jokin esitetyistä vaihtoehtoista otettaisiin käyttöön. Viimeiseen lukuun on kerätty työn tärkeimmät tulokset ja kerrottu niistä tehdyt johtopäätökset.

1.5 Vahterus Oy

Vahterus Oy on yritys, joka valmistaa hitsattuja levylämmönsiirtimiä. Yritys on perustettu vuonna 1990 nykyisen toimitusjohtajan Mauri Kontun toimesta ja tämä perheyritys työllistää nykyään yli 230 henkeä. Vahterus Oy:n pääkonttori sijaitsee Kalannissa, johon on myös keskitetty koko tuotanto. Tämän lisäksi yrityksellä on myyntikonttori Raisiossa sekä tytäryhtiöt Amerikassa, Englannissa, Saksassa, Kiinassa ja Hong Kongissa. Viennin osuus yrityksen liikevaihdosta on yli 90 %. [36]

Vahteruksen tuotteiden toiminta perustuu itse kehitettyyn Plate & Shell-teknologiaan. Kaikissa tuotteissa lämmönsiirtimen perusrakenteena on täysin hitsattu levypakka, jota ympäröi vahva vaipparakenne. Niiden ansiosta saadaan yhdistettyä sekä levy- että putkilämmönsiirtimen hyvät ominaisuudet. Vahteruksen levylämmönsiirtimien tuotevariaatioita ovat Plate & Shell Täysin hitsattu, Plate & Shell Avattava, Plate & Shell Compact, Plate & Shell Sysytems, Plate & Shell Combined sekä Plate Ring Täysin hitsattu [36]. Tyyppihyväksyttyjä (CE) lämmönsiirtimien rakenteita on noin 70 – 80 kappaletta [18, s. 4]. Vahteruksen tuotteet menevät pääosin prosessi- ja kemianteollisuuteen, kylmätekniikkaan ja energiateollisuuteen.

2. TEORIAOSUUS

Teoriaosuuden alussa tarkastellaan lyhyesti lämmönsiirron teoriaa ja katsotaan yleisesti levylämmönsiirtimen rakennetta ja ominaisuuksia. Näiden jälkeen perehdytään Vahteruksen valmistaman Plate & Shell levylämmönsiirtimen rakenteeseen ja valmistukseen, jonka jälkeen otetaan katsaus tietokoneavusteisen suunnittelun kehitykseen. Luvun lopussa tarkastellaan tuotannonohjaus- ja dokumentinhallintajärjestelmän kehitystä.

2.1 Lämmönsiirrin

Lämmönsiirtimellä tarkoitetaan energiatekniikan komponenttia, joka siirtää lämpöenergiaa kahden eri lämpötilan omaavan aineen välillä. Kyseinen lämmönsiirtyminen tapahtuu yleensä joko johtumalla tai lämpösäteilyä. [23, s. 3] Lämmönsiirtimiä löytyy montaa eri tyyppiä esimerkiksi putki-, spiraali- ja lamellilämmönsiirrin. Tässä työssä kuitenkin keskitytään levylämmönsiirtimiin, joita Vahterus valmistaa.

2.1.1 Lämmönsiirtomekanismit

Lämmön siirtymisen vaatimuksena on lämpötilaerojen olemassaolo. Tällöin lämpö pyrkii tasaamaan kyseisiä eroja siten, että itse lämmönsiirto tapahtuu aina korkeammasta alhaisempaan lämpötilaan. Lämmönsiirto on itsestään tapahtuva eli palautumaton prosessi. Lämmön siirtymistä voi tapahtua kolmella eri siirtomekanismilla: johtuminen, konvektio tai säteily. [22, s. 8; 35, s. 14]

Lämmön johtumista voi tapahtua joko aineen sisällä molekyylien lämpöliikkeen ansiosta tai aineesta toiseen molekyylien törmäysten välityksellä, kun ne koskettavat toisiaan. Aineen lämmönjohtavuudella kuvataan aineen kykyä johtaa lämpöä. Metalleilla on hyvä lämmönjohtavuus toisin kuin nesteillä ja kaasuilla. [22, s. 8]

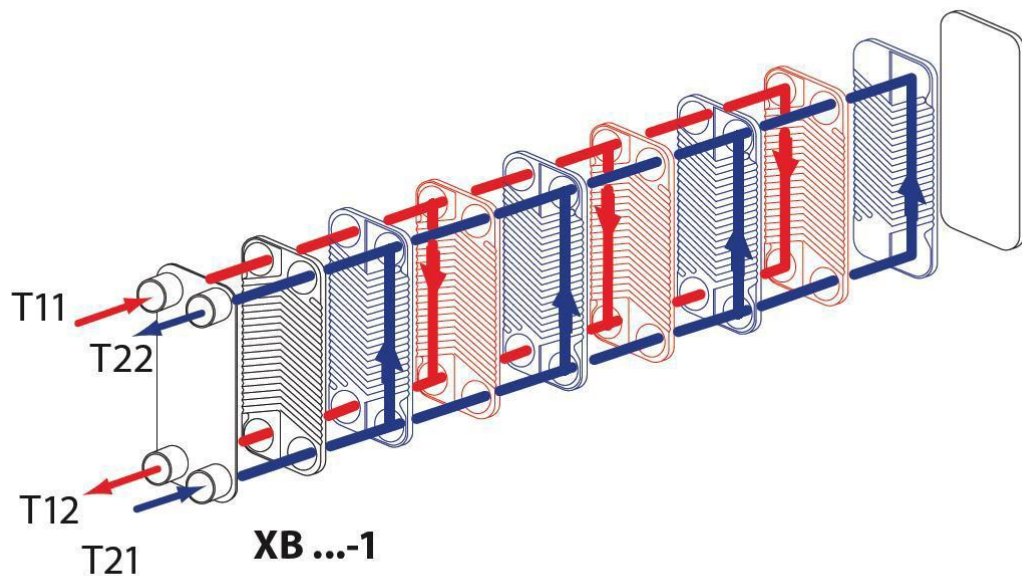
Konvektioksi kutsutaan sitä, kun lämpö siirtyy liikkuvasta nesteestä tai kaasusta kiinteään pintaan. Konvektio voi olla joko pakotettua tai vapaata. Pakotetussa konvektiossa virtaus aiheutetaan ulkopuolisella energialla, kuten pumpuilla. Vapaassa konvektiossa virtaus syntyy lämpötilaerojen aiheuttamien tiheyserojen vaikutuksesta eli se tapahtuu luonnollisesti. [22, s. 8; 35, s. 14]

Lämpösäteily on sähkömagneettista säteilyä, jota lähettävät kaikki kappaleet, joiden lämpötila on absoluuttisen nollapisteen (-273 °C) yläpuolella. Sen voimakkuus riippuu aineen lämpötilasta. Säteily ei vaadi väliainetta siirtyäkseen. Kun säteily osuu kappaleeseen, osa sen energiasta absorboituu, osa heijastuu kappaleesta ja osa saattaa

läpäistä kappaleen. [22, s. 9; 35, s. 14] Säteilylämmönsiirrolla on merkitystä lämmönsiirtimissä vain, kun lämpötilataso on korkea.

2.1.2 Levylämmönsiirrin

Levylämmönsiirrin koostuu aallotetuista levyistä, jotka on liitetty toisiinsa joko tiivisteillä, juottamalla tai hitsaamalla. Levyjen päissä on virtauskanavat, joiden kautta nesteet virtaavat lämmönsiirtimen sisälle ja siitä edelleen levyjen väliin. Kuuma ja kylmä neste virtaavat vuorottelevissa kanavissa, jolloin lämpö siirtyy nesteestä toiseen levyjen läpi. Yleensä kuuma ja kylmä neste kulkevat vastakkaisiin suuntiin, mutta on myös levylämmönsiirtimiä, joissa nämä nesteet kulkevat samansuuntaisesti. Levyjen liitokset estävät nesteiden pääsyn levyjen välistä toiseen, jolloin nesteet eivät pääse sekoittumaan toisiinsa. Levyt sijoitetaan niin lähelle toisiaan kuin mahdollista, jotta lämmönsiirtopinta-ala saataisiin mahdollisimman suureksi lämmönsiirtimen kokoon nähden. Kuvasta 1 nähdään rakenne, jossa kuuma ja kylmä neste kulkevat vastakkaisiin suuntiin. [27, s. 6]



Kuva 1. Levylämmönsiirtimen virtausmalli [27]

Levylämmönsiirtimen levyjen kuvioinnilla pyritään lisäämään lämmönsiirtopinta-alaa ja virtaavan nesteen turbulentsuutta. Kun virtaus muuttuu laminaarisesta turbulenttiseksi, kasvaa lämmönsiirtimen lämmönsiirtotehokkuus. Kuvioinnin ansiosta lämmönsiirtotehokkuus voi olla jopa 3-4 kertaa suurempi kuin tasolevyisen lämmönsiirtimen. Levyt voidaan tehdä teräksestä, titaanista tai muista aineista, jotka ovat riittävän taipuisia ja kestäviä. [27, s. 7]

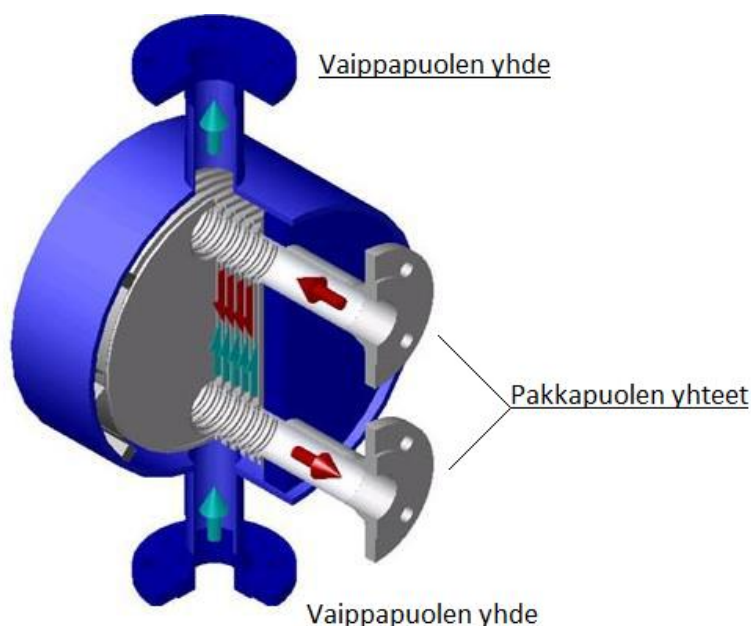
Levyjen eristystapa määrää oleellisesti lämmönsiirtimen käyttökohteen. Tiivisteellinen lämmönsiirrin on yleensä eristetty joko kumilla, teflonilla tai neopreenillä. Tällainen lämmönsiirrin sopii hyvin kohteisiin, joissa nesteet eivät kuluta tiivisteitä, ja joissa lämpötila ja paine pysyvät sopivien rajojen sisäpuolella. Tiivisteellistä lämmönsiirrintä voidaan käyttää -35 °C - $+220\text{ °C}$ lämpötiloissa ja se kestää parhaimmillaan 25 bar painetta. Kyseinen lämmönsiirrin voidaan avata ja puhdistaa. Avattavuuden ansiosta lämmönsiirtotehoa voidaan muuttaa joko poistamalla tai lisäämällä levyjä. [27, s. 7]

Juotettu levylämmönsiirrin kestää jatkuvaa käyttöä korkeissa lämpötiloissa, koska levyjen välillä on kuparijuotos eikä kumitiiviste. Se on rakennettu kolmesta elementistä: päätylevyistä, lämpöpintalevyistä ja yhteistä. Aallotetut lämpöpintalevyt on kovajuotettu toisiinsa juotosaineen avulla ja ne on puristettu päätylevyjen väliin. Juotokset estävät lämmönsiirtimen avauksen, joten ainoa puhditustapa on kierrättää nestettä lämmönsiirtimen sisällä vastakkaiseen suuntaan kuin yleensä. Juotetulla lämmönsiirtimellä päästään jopa 30 bar:n paineeseen ja sen alin käyttölämpötila on jopa -195 °C . [27, s. 7]

Hitsatussa levylämmönsiirtimessä levyjen reunat hitsataan yhteen yleensä laserin avulla. Hitsauksella vältetään kumitiivisteiden käyttö, jolloin voidaan saavuttaa korkeita käyttölämpötiloja ja korkeaa paineen kestävyyttä. Hitsaamisen huonopuoli on, että se estää lämmönsiirtimen avaamisen. [27, s. 7]

2.1.3 Plate & Shell levylämmönsiirrin

Vahteruksen valmistaman Plate & Shell levylämmönsiirtimen rakenne koostuu levypakasta, joka muodostuu pyöreistä lämmönsiirtilevyistä ja putkivaipasta, johon levypakka asennetaan. Kun tässä työssä puhutaan pakka- ja vaippapuolesta, tarkoitetaan niillä Plate & Shell levylämmönsiirtimen ensiö- ja toisiopuolta. Ennen levypakan valmistusta, prässätään lämmönsiirtilevyihin aallotettu kuviointi, jonka avulla lisätään levyjen välissä kulkevan virtauksen pyörteisyyttä ja lämmönsiirtoa. Tämän jälkeen kaksi kuvioitua levyä hitsataan yhteen levyjen keskiosissa olevien reikien kohdalta. Saatujen levyparien ulkoreunat hitsataan kiinni, jolloin pakka- ja vaippapuolen virtaukset kulkevat vuorotellen kanavissa. Lämmönsiirtimen tehoon voidaan vaikuttaa muuttamalla joko levyparien määrää tai levyjen kokoa. Pakkapuolen yhteen hitsataan kiinni levypakkaan ja tarkemmin sanottuna levypakan päissä olevien reikien kohdalle. Tämän jälkeen levypakka asennetaan putkivaippaan. Samalla vaippaan asennetaan myös virtausohjaimet ja kumitiivisteet, jotta virtaus ei kulje vaipan reunoja pitkin ilman, että se menee levypakan läpi. Vaippapuolen yhteen asennetaan vaipan keskelle kohtisuoraan levypakan yhteisiin nähden. Kuvassa 2 on Vahteruksen valmistaman Plate & Shell levylämmönsiirtimen rakenne. Kuvaan on myös merkattu pakka- ja vaippapuolen yhteen. [39, s. 9-11]



Kuva 2. Plate & Shell levylämmönsiirtimen rakenne [39].

2.2 Tietokoneavusteisen suunnittelun kehitys

Tietokoneavusteinen suunnittelu eli lyhennettynä CAD (Computer Aided Design) toteutettiin 1970-luvulla käytännössä käsin piirtämällä. Tietokoneita käytettiin erilaisiin mallinnustehtäviin jo 1960-luvulta lähtien, mutta varsinaisten CAD-ohjelmien kehittäminen alkoi vasta 1970-luvulla. Alussa ohjelmilla pyrittiin matkimaan piirustuslaudon käyttöä ja sitä voitiinkin paremmin kutsua tietokoneavusteiseksi piirtämiseksi kuin suunnitteluksi. Merkittävimmän edistysaskeleen tietokoneavusteinen suunnittelu sai, kun ensimmäinen AutoCad-ohjelma julkaistiin vuonna 1982. Piirtäminen tapahtui kaksiulotteisesti ja projektiot piirrettiin erillisinä ilman kytkentää toisiinsa. AutoCad saavutti laajan suosion, jolloin se edesauttoi 2D CAD-suunnittelun yleistymistä. 2D CAD-suunnitteluun siirryttiin käytännössä kokonaan 1990-luvun aikana. 2D-suunnittelun aikakautena voidaan pitää vuosia 1985–1995. Sitä toteutetaan vielä nykypäivänäkin, mutta vähenevässä määrin, sillä kolmiulotteisuus tuo suuret edut ja nykyään koulutus annetaan pääasiassa kolmiulotteisesti. [9, 11, 16]

Kolmiulotteista suunnittelua kokeiltiin jo 1980-luvulla, mutta tulokset eivät olleet odotettuja. Joissakin tapauksissa hankittiin jopa kolmiulotteisia järjestelmiä, mutta niistä luovuttiin ilman, että saatiin aikaan yhtäkään kolmiulotteista tuotemallia. 1980-luvulla järjestelmät olivat erittäin suljettuja, jolloin tiedon siirtäminen järjestelmästä toiseen oli mahdotonta. Vuonna 1982 Dassault Systemsin 3D-suunnitteluohjelma CATIAsta julkaistiin ensimmäinen versio. Se oli viiden vuoden kehittelyn tulos. Tästä alkoi 3D-suunnitteluohjelmien kehittäminen ja niitä alkoi ilmestyä markkinoille. Vuonna 1986 AutoCadiin kehitettiin 3D-ominaisuuksia ja vuonna 1988 julkaistiin ensimmäinen Pro/ENGINEER-ohjelma. Kyseinen ohjelma oli ensimmäinen parametrinen

piirremallinnusta käytävä sovellus. Aluksi kolmiulotteiset mallit olivat pelkkiä pintamalleja, mutta vähitellen mukaan tulivat solid- eli tilavuusmallit. Vuosia 1995–2005 voidaan pitää 3D-mallinnuksen aikakautena, jolloin ne kehittyivät nykypäiväisten ohjelmien tasolle. [9, s. 7; 16]

Nykypäivänä suunnitteluohjelmia on tarjolla monen eri valmistajan taholta ja jokainen näistä valmistajista on siirtynyt vähitellen 3D-ohjelmiin. Tästä huolimatta edelleen on saatavilla myös 2D-suunnitteluohjelmia. [12, s. 8] 3D-suunnitteluohjelmien toimintaperiaate on kaikilla valmistajilla sama ja ohjelmilla on mahdollisuus tuottaa toisiinsa sopivia tiedostomuotoja, jolloin dokumenttien käsittely helpottuu. Ohjelmien samankaltaiset toimintaperiaatteet helpottavat uuden 3D-suunnitteluohjelman oppimista. Tulevaisuudessa suunnitteluohjelmien valmistajat tulevat keskittymään 3D-ohjelmien kehittämiseen ja samalla 2D-ohjelmien käyttö tulee vähentymään. 2D-ohjelmat eivät katoa kokonaan, vaan ne tulevat toimimaan 3D-ohjelmien rinnalla. 3D-ohjelmista kehitetään entistä tehokkaampia ja helppokäyttöisempiä. [37, s. 8]

2.3 Toiminnanohjausjärjestelmät

Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti, mitä tarkoitetaan toiminnanohjauksella ja mikä on toiminnanohjausjärjestelmän tarkoitus. Lopuksi käydään tiivistetysti läpi toiminnanohjausjärjestelmien kehittyminen.

2.3.1 Toiminnanohjaus (ERP)

Toiminnanohjausjärjestelmällä eli ERP-järjestelmällä (Enterprise Resource Planning) tarkoitetaan yrityksen integroitua tietojärjestelmää, jolla ohjataan liiketoimintaa. Integroitua osa-alueita voi olla monia, kuten esimerkiksi varastonhallinta, tuotanto ja myynti. Järjestelmät voivat koostua monista eri osioista, kuten toiminnanohjaus, varastonhallinta, palkka- ja henkilöstöhallinto, kirjanpito sekä projektien hallinta. Yritykset voivat valita kyseisistä osioista tarpeellisimmat. Toiminnanohjausjärjestelmien merkittävimpiä hyötyjä ovat ajantasaiset liiketoiminnan seurantamahdollisuudet eri osa-alueilta. [10, s. 4-5]

ERP-järjestelmien tarkoituksena on edistää ja tukea yrityksen liiketoimintaa kannattavampaan suuntaan. Järjestelmiä on tarjolla monia, joista yrityksen on kyettävä valitsemaan sellainen, joka tukee parhaiten sen toimintaa. ERP-järjestelmän käyttöönotossa merkittävässä asemassa ovat huolellinen konseptisuunnittelu ja vaatimusmäärittely. Usein se nähdään pitkántähtäimen projektina, jonka tavoitteena on käyttöönoton jälkeinen kehitystyö ohjelmiston parissa. [33, s. 3]

Toiminnanohjausjärjestelmällä voi olla myös rajapintoja muihin yrityksessä oleviin järjestelmiin. Silloin järjestelmät on liitetty toisiinsa liittymien avulla, jolloin ne voivat

siirtää tietoa järjestelmästä toiseen. Monesti kyseisiä liittymiä rakennetaan tuotannonohjauksen, palkanlaskennan ja tuotetietouden tueksi. [33, s. 3]

2.3.2 Toiminnanohjausjärjestelmien kehitys

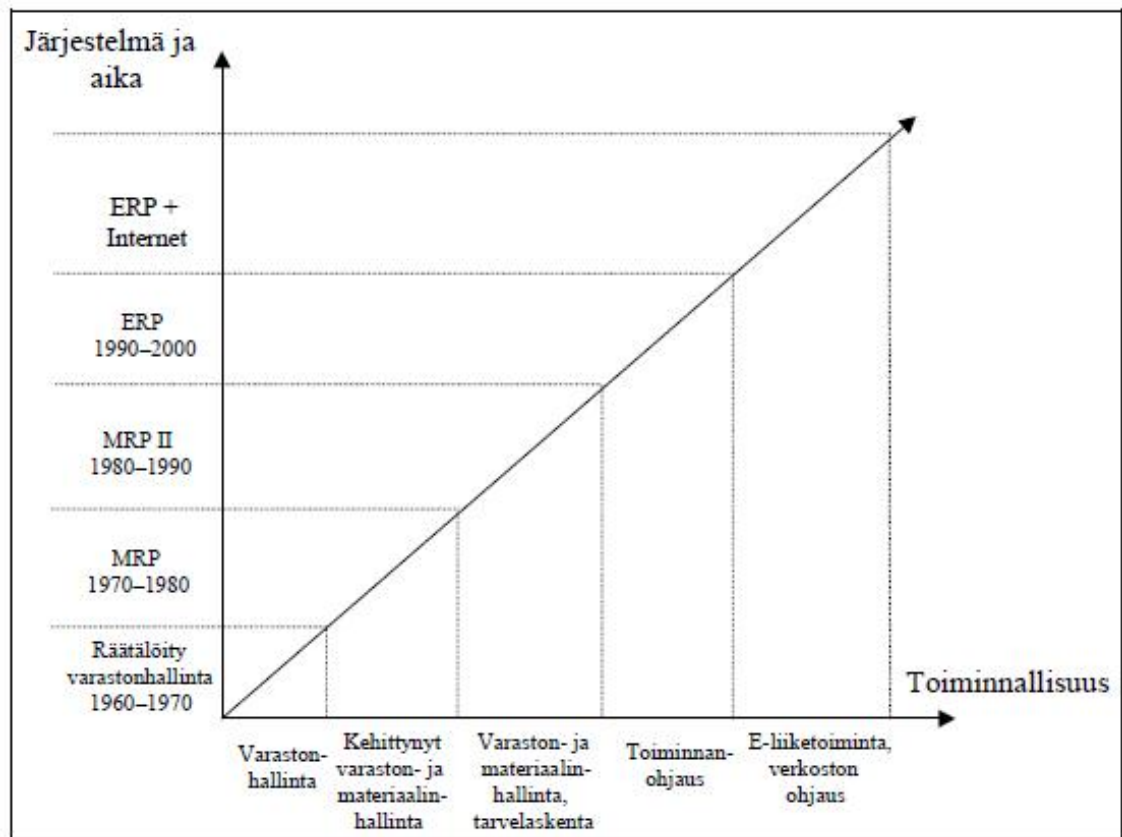
Toiminnanohjausjärjestelmien kehitys alkoi 1960-luvulla, jolloin varastonseuranta varten alettiin kehittää ohjelmistoja. Ohjelmistot olivat nykypäivän ohjelmistoihin verrattuina yksinkertaisia ja jokaiselle yritykselle erikseen räätälöityjä järjestelmiä. Niitä käytettiin pääasiassa varastomäärien seuraamiseen. Järjestelmien kehityksestä vastasivat itse yritykset tai niihin erikoistuneet ohjelmistotalot. ERP-järjestelmien esi-isät olivat tuotantoa tukevat MRP-järjestelmät (Materials Resource Planning). Niiden kehitys alkoi 1970-luvun alussa ja niiden tehtävänä oli tuottaa materiaalitarvelaskentoja varasto- ja hankintatoimintoja varten eli ohjata ostotoimintaa sekä automatisoida tilausten tekemistä. Nykypäivän ERP-järjestelmiin verrattuna MRP-järjestelmät olivat kankeita ja vaatimattomia. 1970-luvun lopulla kaupallisten standardiohjelmistojen valmistus alkoi lisääntyä, jolloin ohjelmistoja ei enää räätälöity yhden yrityksen käyttöön, vaan alkoi syntyä ajatus ohjelmistojen ”paketointi”. 1980-luvulla alettiin kehittää MRP II -konseptia, joka perustui aikaisempaan MRP-järjestelmään, mutta sisälsi uusia toimintoja. [13, s. 46–47]

1990-luvun alussa MRP II -ohjelmistoihin lisättiin enemmän tuotannontason toiminnallisuutta. Samalla MRP-konseptien päälle liitettiin muiden osa-alueiden ohjelmistoja, joita oli kehitelty erillään. Näitä osa-alueita olivat esimerkiksi projektinhallinnan-, taloushallinnon-, sekä henkilöstöhallinnan osa-alueet. Tällä tavoin päädyttiin nykyiseen ERP-konseptiin. ERP-kehitystyön lähtökohtana voidaan pitää MRP- ja MRP II -ohjelmistoja. 1990-luvun loppupuolella toiminnanohjaukseen liitettiin ajatus sähköisestä kaupankäynnistä ja lisääntyvästä tiedonsiirrosta yritysten tietojärjestelmien välillä. [13, s. 47–48] 2000-luvulla kehitys on edennyt kohti organisaatiomuutoskeskeistä tapaa mallintaa todellisuutta [24, s. 16].

Nykypäivänä toiminnanohjausjärjestelmät alkavat olla yleisiä suurissa yrityksissä, mutta niissä riittää kehitettävää, sillä yksittäisiä sovelluksia tai järjestelmän moduuleita on vasta otettu käyttöön. Järjestelmät ovat tähän mennessä olleet liian kalliita tai työläitä ratkaisuja pienille ja keskisuurille yrityksille, mutta järjestelmien tarjonta on vähitellen siirtynyt kohti pk-yritysten tarpeita. [15, s. 139]

Tämän hetken ja tulevaisuuden toiminnanohjauksen keskeisimpiä kehityskohteita on verkostoituva toiminnanohjaus. Sen päätavoite on yhteensovittaa verkoston eri osapuolten erilaiset tietojärjestelmät ja toimintamallit, jolloin osapuolet pystyisivät vaihtamaan entistä tehokkaammin ja monipuolisemmin tietoa keskenään. Tällä hetkellä yritysten välillä kulkee yksinkertaista ja määrämuotoisia sanomia, kuten esimerkiksi tilauksia. Tulevaisuudessa tässä kehityksessä keskeisessä asemassa tulevat olemaan Internet ja sen ympärillä kehittyvät tietojenkäsittelypalvelut. Tulevaisuudessa Internetin

avulla voidaan suorittaa esimerkiksi laitteiden kunnonvalvontaa.[7, s. 432] Kuvassa 3 on esitetty toiminnanohjausjärjestelmien kehitys.



Kuva 3. Toiminnanohjausjärjestelmien kehityshistoria ja toiminnallisuuden kehittyminen [13].

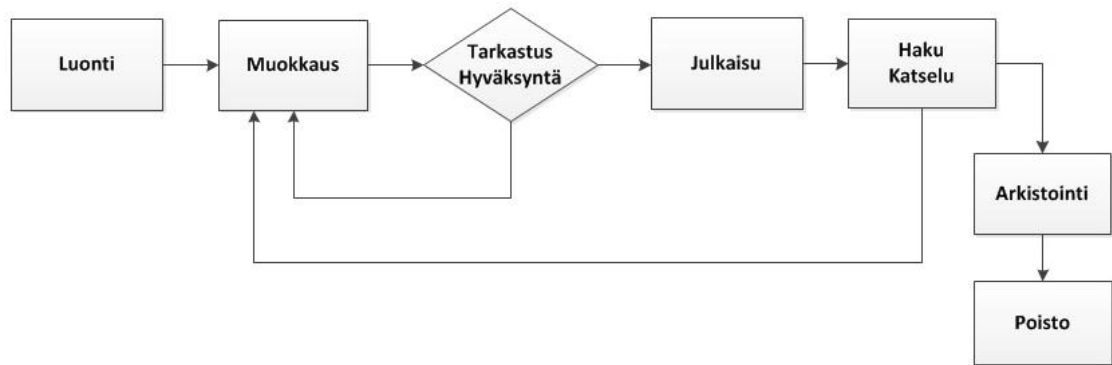
2.4 Dokumentinhallintajärjestelmä

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti, mitä dokumentinhallinnalla tarkoitetaan ja mitä se pitää sisällään. Lopuksi tutustutaan siihen, miten dokumentinhallintajärjestelmät ovat kehittyneet ajan myötä.

2.4.1 Dokumentinhallinta

Yritykset käsittelevät päivittäin suuria määriä tietoa. Tämän tiedon vaivaton hyödyntäminen on tärkeää yrityksen tehokkuuden kannalta. Aikaisemmin suurin osa dokumenteista on ollut paperimuodossa, mutta vuosien aikana on siirrytty yhä enemmän sähköisten dokumenttien käyttöön. Sähköisiä dokumentteja, kuten esimerkiksi sopimuksia, tilauksia ja sähköpostiviestejä tuotetaan ja muokataan yrityksissä päivittäin suuria määriä, ja niiden määrä kasvaa jatkuvasti. Yhtenä syynä tähän on, että dokumenttien tuottamiseen käytettävät järjestelmät ovat entistä käyttäjäystävällisempiä ja helpommin saatavilla. [2, s.1-2]

Dokumentinhallinnalla tarkoitetaan käytännössä koko dokumentin elinkaaren hallintaa sen luomisesta arkistointiin ja siitä aina tuhoamiseen asti. Dokumentin elinkaari alkaa itse dokumentin luomisesta ja päättyy sen mahdolliseen poistamiseen. Dokumentin elinkaarta on kuvattu kuvassa 4. Dokumentin tyypistä riippumatta tulisi jokaisesta dokumentista olla saatavilla ainakin sen tekijä, luomispäivämäärä, kuka on dokumenttia viimeksi muokannut ja milloin, sekä dokumentin saatavuuspaikka. [2, s. 4-5]



Kuva 4. Dokumentin elinkaari [2].

Suurissa yrityksissä on usein käytössä jokin dokumentinhallintajärjestelmä. Sen avulla hallitaan käsiteltäviä dokumentteja. Pienemmissä yrityksissä on usein panostettu enemmän dokumenttien tuottamiseen käytettäviin järjestelmiin, eikä niinkään dokumentinhallintaan. Dokumentinhallintajärjestelmä voi näissä tapauksissa olla kannattava, sillä dokumenttien määrän kasvaessa yhä suurempi osa niiden käsittelystä, jakelusta ja arkistoinnista tulee tapahtumaan sähköisesti. [38, s. 2-3] Dokumentinhallintajärjestelmän avulla voidaan luoda dokumentit, luokitella ne kategorioihin ja tallentaa ne yhteiseen tietokantaan, josta ne löytyvät helposti hakutoimintoja käyttämällä [2, s. 4].

2.4.2 Dokumentinhallintajärjestelmien kehitys

Ennen dokumentinhallintajärjestelmiä dokumentit arkistoitiin paperiversioina kansioihin ja arkistokaappeihin. Nykypäivänä paperiversiot on syrjäytetty sähköisellä dokumentoinnilla. [37, s. 8] Ensimmäiset sähköiset dokumentit tehtiin 1970-luvun lopulla Wordstar- ja Word Perfect -tekstinkäsittelyohjelmilla. Tietokoneiden yleistyessä kasvoi tiedon määrä moninkertaiseksi ja muuttuen samalla digitaalseksi. Tiedon hallinta vaikeutui ja suunnitelmien uusimpien versioiden hallinta ja löytäminen vaikeutuivat. Tällöin ohjelmistotalot riensivät apuun ja ensimmäiset dokumentinhallintajärjestelmät ilmestyivät 1980-luvun alussa. [29, s. 8; 28, s. 7] Dokumentinhallintajärjestelmän avulla on helpottunut dokumenttien hakeminen ja jakaminen [37, s. 8].

Tulevaisuudessa tullaan siirtymään kokonaan sähköiseen dokumentointiin ja samalla myös dokumentinhallintajärjestelmät yleistyvät. Dokumenttien jako tulee tapahtumaan

tulevaisuudessa järjestelmien kautta. [37, s. 8] Järjestelmistä voidaan luoda eri aloille suunnattuja räätälöityjä ratkaisuja [29, s. 16]. Kehitysten kohteena ovat myös pilvipohjaiset dokumentinhallintaratkaisut, joiden avulla dokumenttien jakelu yritysten sisällä kumppaneille ja asiakkaille helpottuu. Pilvipalvelut mahdollistavat dokumenttien tarkastelun ja jakelun paikasta riippumatta.

3. TILAUS- JA TOIMITUSPROSESSIN NYKYTILA

Luvussa luodaan katsaus yrityksen tilaus- ja toimitusprosessin nykytilaan. Ensin käydään lyhyesti läpi nykyiset ohjelmat, niiden toiminta ja mitä niillä tuotetaan. Seuraavaksi kerrotaan, miten nykyinen tilaus- ja toimitusprosessi etenee. Viimeisenä esitetään tilaus- ja toimitusprosessissa ilmenneitä kehityskohteita.

3.1 Ohjelmat

Sizing -lämpötekkinen mitoitusohjelmisto

Ohjelmisto on Vahteruksen luoma. Sizing-ohjelmisto mitoittaa lämmönsiirtimen lämpötekkinesti, samalla ottaen huomioon olemassa olevat rakenne-tyyppihyväksynät. Ohjelmiston käyttäminen aloitetaan syöttämällä siihen tilauksessa määritellyt lähtöarvot. Kyseiset lähtöarvot ovat muun muassa sovellus, lämmönsiirtimen teho, ensiö- ja toisiopuolen tiedot, suunnittelulämpötila ja suunnittelupaine. Sovellus on esimerkiksi neste/neste, neste/kaasu tai lauhdutin. Ensiö- ja toisiopuolen tietoihin kuuluu massavirrat, väliaineet, lämpötilat T_1 ja T_2 sekä painehäviöt. Lähtöarvojen syöttämisen jälkeen ohjelmisto mitoittaa lämmönsiirtimen sekä alustavan osaluettelon materiaalilistoineen lämpötekkinesti, pohjautuen tyyppihyväksyntöihin. Ohjelmistolla ei kuitenkaan voida mitoittaa kaikkia lämmönsiirtimiä, koska se ei ota huomioon haastavampia muutoksia tai erityispiirteitä, joten näissä tapauksissa tulee käyttää muita menetelmiä [40, s. 12–13]. Mitoituksen tuloksena ohjelmisto tuottaa lämpötekkinen datalehdän, alustavan osaluettelon, tarjouksen ja mitoituslaskelman, jota käytetään alustavan mittakuvan luomiseen.

SolidWorks

SolidWorks on 3D-mekaniikkaa hyödyntävä CAD-ohjelmisto, joka on kehitetty mekaniikkasuunnittelun ja muotoilun tarpeisiin. Ohjelmisto on Dassault Systèmesin kehittämä, joka julkaistiin vuonna 1995. Ohjelmisto mahdollistaa kolmiulotteisten kappaleiden mallintamisen ja mitoittamisen, mutta näiden lisäksi voidaan myös piirtää normaaleja kaksiulotteisia kuvia. Ohjelmistolla on laajat sovellusmahdollisuudet, jotka mahdollistavat tavallisten 3D-kappaleiden mallinnuksen lisäksi myös esimerkiksi kokoonpanojen ja ohutlevymallien mallinnuksen. [6, s. 9; 31] SolidWorksista on tarjolla kolme erilaista pakettia, jotka ovat Standard, Professional ja Premium. Standard on peruspaketti, joka sisältää perusominaisuuksien lisäksi myös ohutlevy- ja hitsausmallinnuksen. Professional sisältää peruspaketin lisäksi renderöinnin ja osakirjastot. Premium on lisäpaketti Professional-paketin ominaisuuksille ja se tuo mukanaan simuloinnin ja putkien ja johtojen reititysominaisuudet. [31]

Vahteruksella mitoitusohjelmisto lähettää tuottamansa mitoitus-tiedoston SolidWorksille, joka tekee mitoitus-tietojen pohjalta 3D-mallin. Mallintaminen tapahtuu valmiiden konfiguraatio-tietojen avulla automaattisesti. Konfiguraatio on muodostettu hitsatusta ja avatusta lämmönsiirrinsovelluksesta [40, s. 13]. SolidWorks mallintaa vain ulkopuoliset osat ja luo niiden pohjalta alustavan mittakuvan. Mittakuvaan merkitään ainoastaan tarjouskuvan vaatimat mitat. Tällöin mittakuva ei ota huomioon lämmönsiirtimen sisälle tulevia osia, kuten esimerkiksi levypakan esikasausta, jolla on vaikutusta lämmönsiirtimen pituuteen. Mittakuvaa ei voida käyttää suunnittelussa, koska se on pelkistetty, suuntaa-antava ja sen mittakaava ei ole oikea.

Osaluettelo-ohjelma

Osaluettelo-ohjelma on yrityksen luoma ja Excel-pohjainen. Ohjelma perustuu tyyppi-hyväksyntöihin, sekä niiden sisältämiin tietoihin, kuten esimerkiksi materiaali- ja paksuustietoihin. Osaluettelo-ohjelma on parametripohjainen, jossa valitaan oikeat vaihtoehdot ja syötetään lähtöarvot. Nämä tiedot saadaan lämpöteknisen datalehdessä ja myynnin laatimasta erillisestä checklististä. Syötetyt/valitut arvot osuvat johonkin tyyppi-hyväksyntään, josta osat määräytyvät. Ohjelma ei kuitenkaan kata kaikkia lämmönsiirrinvaihtoehtoja, joten suunnittelijan tulee tarkistaa saatu osaluettelo ja tehdä tarvittavat muutokset ja lisäykset. Saadun osaluettelon avulla mallinnetaan lämmönsiirtimen virallinen mittakuva.

AutoCad

AutoCadin ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1982. Sen kehittäjä ja ylläpitäjä on yhdysvaltalainen Autodesk Inc. Ohjelmasta julkaistaan melkein vuosittain uusi versio. Vaikka AutoCadin 3D-mahdollisuuksia on kehitetty vuodesta 1988 lähtien, tunnetaan se parhaiten 2D-suunnitteluohjelmana. Ohjelma oli erittäin suosittu 90-luvulla, mutta 2000-luvulla sen suosio on hiljalleen laskenut markkinoille tulleiden 3D-suunnitteluohjelmien vuoksi. Nykyään jo suurin osa yrityksistä on siirtynyt 3D-suunnitteluun ja käyttää sen rinnalla AutoCadia. Ohjelmasta on saatavilla kaksi pääversiota AutoCad ja AutoCad LT. AutoCad LT on tarkoitettu kannettaville tietokoneille ja se on ominaisuuksiltaan riisutumpi kuin perusversio AutoCad. Perusversion ja LT:n lisäksi AutoCadiin on mahdollista saada alakohtaisia laajennuksia. Laajennukset tuovat alakohtaisia lisätyökaluja ja -ominaisuuksia perusversioon. [25, s. 7-8]

Vahteruksella AutoCadilla piirretään lämmönsiirtimen työkuvat saadun osaluettelon pohjalta. Työkuviksi luetaan lämmönsiirtimen virallinen mittakuva ja sen hitsauskartat. Osakuvia ei yleensä tarvitse tehdä, koska ne löytyvät valmiina. Välillä on myös poikkeustapauksia, jolloin suunnittelija tekee osakuvia. Suunnittelija tarkistaa työkuviin avulla osien sopivuudet ja tekee tarvittaessa muutokset. Muutokset tulee samalla tehdä myös osaluetteloon, koska kuvien muutokset eivät päivity siihen automaattisesti.

Visma L7

Visma L7 on toiminnanohjausjärjestelmä, joka toimii ratkaisuna liiketoiminnan eri prosesseihin. Järjestelmä on kehitetty erityisesti teollisuus-, tukku-, urakointi-, ja kiinteistötoimialojen sekä energiayhtiöiden erityispiirteitä varten. [14, s. 30] Järjestelmä on Visma Oy:n kehittämä ja se pohjautuu ERP-toiminnanohjausjärjestelmään. Visma L7:stä käytetään myös nimeä Liinos7 tai lyhyesti L7. Visma L7 koostuu yli sadasta yksittäisestä sovelluksesta, joista yritykset voivat koostaa ja liiketoiminnan tarpeistaan riippuen valita itselleen sopivat sovellukset [14, s. 30].

Vahteruksella Visma L7:n avulla hallitaan yrityksen käyttämiä tuotenimikkeitä, arkistoja ja tuotantoa. Suunnittelijat tarkastavat ja hakevat järjestelmän avulla tuotenimikkeitä osaluetteloihin. Tuotenimikkeet eivät päivitty automaattisesti järjestelmään, vaan ne pitää päivittää manuaalisesti.

M-Files

M-Files on suomalaisen M-Files Oy:n kehittämä dokumentinhallintajärjestelmä [38, s. 31]. Dokumenttien organisoimiseen ei käytetä kansioita vaan näkymiä, joiden sisältö päivittyy automaattisesti, kun uusia dokumentteja tuodaan dokumenttivarastoon. Näkymät ovat tiettyjen metatietojen perusteella tallennettuja hakuja. Tästä johtuen sama dokumentti voi löytyä useista näkymistä. [26, s. 3] M-Files säilyttää kaikki vanhat dokumenttiversiot automaattisesti, joten vanha versio saadaan palautettua helposti. Dokumentteja voidaan hakea dokumenttivarastosta, joko näiden näkymien avulla tai M-Filesin laajojen hakutoimintojen avulla. Tällöin dokumentteja voidaan hakea metatietojen tai dokumentin sisällön perusteella. [38, s. 33] M-Files integroituu Windows-käyttöjärjestelmiin, jolloin se näkyy virtuaaliasemana. Kirjautuminen tapahtuu automaattisesti Windows-käyttäjätunnuksilla. [26, s. 3] M-Files voidaan integroida myös muihin järjestelmiin, kuten esimerkiksi AutoCadiin [17, s. 19]. Vahterus arkistoi M-Filesiin tilauksien dokumentaatiot. Liitteessä A on kuvattu Vahteruksella käytetyt ohjelmat ja niiden tuottamat dokumentit, sekä dokumentit, jotka arkistoidaan M-Filesiin.

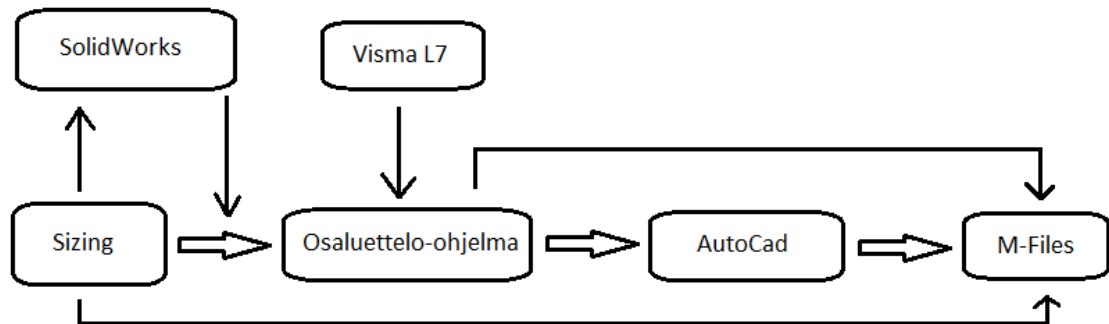
3.2 Prosessin kulku

Liitteessä B on kuvattu, miten nykyinen prosessi etenee ja mitä dokumentteja siirtyy prosessin aikana. Koko prosessin aluksi myynti laatii tilausaineiston asiakkaan tilauksen ja sisäisen checklistin pohjalta, jossa näkyy mitä on tilattu ja tilauksen kokonaisarvo. Tilausaineisto arkistoidaan **M-Filesiin**. Myynti laatii myös erillisen checklistin, jossa on tarkennettua tietoa tilauksesta, kuten esimerkiksi asiakkaan testausvaatimukset lämmönsiirtimelle. Myynti kokoaa PDF-tiedoston, johon on kerätty kaikki tarvittavat tiedot, joita tarvitaan lämmönsiirtimen suunnittelussa. Tiedosto pitää sisällään myynnin laatiman tilausaineiston ja checklistin, mitoitusohjelmasta saadun lämpöteknisen datalehden ja tarjouksen, sekä **SolidWorksin** laatiman alustavan mittakuvan.

Suunnittelu tekee osaluettelon PDF-tiedoston pohjalta. Osaluettelon teossa tärkeimpiä dokumentteja ovat lämpötekniinen datalehti ja checklist. Näistä syötetään tietoja **osaluettelo-ohjelmaan**, joka muodostaa osaluettelopakettin, joka sisältää omat osaluettelot levypakalle, vaipalle ja muille osille sekä teknisen datalehden ja materiaalilistan. Suunnittelijan tulee tarkistaa osaluettelopaketti ja tehdä niihin tarvittavat muutokset manuaalisesti. Tarvittavat uudet ja puuttuvat tuotenimikkeet haetaan **Visma L7** -ohjelman avulla.

Valmiin osaluettelopakettin ja lämpötekniisen datalehden pohjalta suunnitellaan mittakuva **AutoCad**-ohjelmalla. Mittakuvan tekeminen aloitetaan alusta, koska SolidWorksin tuottama alustava mittakuva on suuntaa-antava ja sen mittakaava ei ole oikein. Mittakuva mallinnetaan ilman sisäosia. Kuvaan merkitään teknisessä datalehdessä mainitut osat. Mittakuvan yhteydessä tehdään myös tarvittavat apukuvat, jotka auttavat lämmönsiirtimen valmistusta. Osakuvia ei yleensä tarvitse tehdä, koska ne löytyvät valmiina. Valmiin mittakuvan pohjalta tehdään hitsauskartat sekä vaippa- että levypuolelle. Hitsauskartta tehdään oman tuotannon käyttöön. Tyyppihyväksytyissä tuotteissa on valmiiksi lukuuslaskelmat. Jos kyseisistä tyyppihyväksynnöistä poiketaan koodin paineen tai lämpötilojen tai materiaalien suhteen, täytyy suunnittelijan tehdä omat lukuuslaskelmat lämmönsiirtimelle.

Kun suunniteltava lämmönsiirrin ei täytä tyyppihyväksyntöjä, tulee se hyväksyttää luokituslaitoksella. Suunnittelu lähettää näissä tapauksissa valmiin mittakuvan, hitsauskartat, teknisen datalehden ja lukuuslaskelmat luokituslaitokselle, joka tarkastaa ja hyväksyy ne. Asiakkaalle lähetetään hyväksyttäväksi osaluettelo-ohjelman tuottama tekninen datalehti ja mittakuva. Asiakas voi tilausta tehdessään pyytää myös lukuuslaskelmat ja hitsauskuvat. Asiakkaan pyynnöstä lähetettyihin dokumentteihin tehdään tarvittavat muutokset ja hyväksytetään uudestaan. Kun asiakas on hyväksynyt dokumentit, suunnittelu kokoaa dokumenttipaketin, johon kuuluu valmis mittakuva, osaluettelopaketti, mahdolliset apukuvat ja hitsauskartat. Dokumenttipaketti laitetaan eteenpäin oston kautta tuotantoon. Kuvassa 5 on vielä näytetty nykyisen tilaus- ja toimitusprosessin prosessikaavio. Se on esitetty käytössä olevien ohjelmien avulla ja karkeasti.



Kuva 5. Nykyisen tilaus- ja toimitusprosessin prosessikaavio yrityksessä.

3.3 Kehityskohteet

Nykyisen tilaus- ja toimitusprosessin etenemisessä on noussut esille kehityskohteita, joilla pystyttäisiin mahdollisesti nopeuttamaan ja parantamaan prosessia. SolidWorksin tuottama alustava mittakuva on virheellinen, joten suunnittelu ei pysty käyttämään kyseistä piirustusta. Tämä voitaisiin ratkaista yrityksen tietoteknilliseen pohjaan sopivalla 3D-suunnitteluohjelmalla. Suunnitteluohjelman tulisi tuottaa mitoitus/tiedoston pohjalta alustava mittakuva, joka olisi oikeassa mittakaavassa ja jonka mitoitus/mitat olisi oikein. Kyseisen mittakuvan tulisi olla sellaisessa tiedostoformaattissa, joka soveltuu AutoCad-ohjelmaan. Näillä parannuksilla suunnittelu voisi jatkaa alustavan mittakuvan pohjalta piirtämistä, jolloin välttyttäisiin tuplatyöltä ja samalla säästettäisiin suunnitteluun kuluva aikaa.

Mahdollista sopivaa 3D-suunnitteluohjelmaa voitaisiin myös hyödyntää siten, että se tuottaisi mittakuvan sijasta parametrisoidun kokoonpanon perustuotteesta, jota suunnittelun on mahdollista muokata. Kokoonpano voitaisiin lähettää ilman muokkausta tai muokkauksen jälkeen asiakkaalle, jolloin asiakas voi tehdä siihen omia muutoksia ja ehdotuksia. Tällöin perusrakenteen mitoitus olisi lukittuna, jotta mahdolliset muutokset ja ehdotukset tehtäisiin niiden puitteissa. Suunnittelu tekisi tällöin asiakkaan hyväksymästä kokoonpanosta mittakuvan, jolloin se nopeuttaisi hyväksymisprosessia.

Nykyisten ohjelmien välinen tiedonsiirto on minimaalista. Myynnin kirjaamat tilaustiedot eivät siirry suoraan suunnittelun käyttämiin ohjelmiin, vaan suunnittelu syöttää ne erikseen. Suunnittelun tuottamien dokumenttien tietojen päivitys tapahtuu myös suurimmaksi osaksi manuaalisesti. Nämä vievät aikaa varsinaiselta suunnittelutyöltä. Tietojen uudelleenkirjaamista pystyisi mahdollisesti vähentämään toimivalla tiedonhallintajärjestelmällä. Linkittämällä järjestelmässä suunnittelun käyttämiä ohjelmia keskenään, helpottuisi tiedonkulku ja tiedot päivittyisivät automaattisesti ja pysyisivät ajantasalla. Myös ohjelmien vähentämisellä tai yhdistämisellä voi parantaa tiedonkulkua.

4. KEHITYSVAIHTOEHTO 1: 2D-SUUNNITTELUN PARANTAMINEN

Luvussa 3 kerrottiin, että nykyisessä tilaus- ja toimitusprosessissa suunnittelun tekemä työ ei ole suoraviivaista, vaan joudutaan tekemään samoja asioita uudestaan tai kokonaan alusta. Yhdeksi merkittäväksi kehityskohteeksi nousi nykyisen 3D-suunnitteluohjelman, SolidWorksin tuottama virheellinen mittakuva, jota suunnittelu ei voi hyödyntää. Yritykselle on esitetty SolidWorksin tilalle **Autodesk Inventoria** (Autodesk Inventor Professional 2015), joka soveltuisi yrityksen nykyiseen tietoteknilliseen pohjaan. Tässä luvussa selvitetään, miten Autodesk Inventor soveltuu yrityksen suunnittelussa tehtävien dokumenttien tekoon. Aluksi kerrotaan lyhyesti Autodesk Inventorista, jonka jälkeen kerrotaan Autodesk Inventorin soveltuvuudesta 2D-kuvien tekoon.

4.1 Autodesk Inventor

Inventor on maailman suurimman CAD- ja mallinnusohjelmien valmistajan – Autodesk Inc:n – tuote [1, s. 5]. Inventorilla voidaan mallintaa sekä 2D- että 3D-piirustuksia ja se on yhteensopiva AutoCadin kanssa. Valmiit AutoCad-piirustukset voidaan hyödyntää Autodesk Inventorissa, jossa niiden avulla voidaan luoda 3D-malleja. [21, s. 3] Inventorista on saatavilla peruslisenssi Autodesk Inventor ja laajennettu Autodesk Inventor Professional -lisenssi. Molempiin lisensseihin voidaan hankkia niitä parantavia ohjelmistopaketteja. [3] Tämä diplomityö tehtiin käyttämällä Autodesk Inventor Professional 2015 -opiskelijalisenssiä. Opiskelijalisenssi on suppeampi ja toimintoja on rajoitettu verrattuna viralliseen Autodesk Inventor Professional 2015 -lisenssiin.

4.2 2D-kuva

4.2.1 Kuvan laadinta

Selvityksen perustana tehtiin Autodesk Inventorilla kokoonpano lämmönsiirtimen PSHE 3HH-200/1/1 rakenteesta (liite C). Apuna käytettiin nykyisellä tilaus- ja toimitusprosessilla saatuja dokumentteja. Ennen varsinaisen kokoonpanon tekoa, mallinnettiin osat, joiden mallinnusperiaate on sama kuin muillakin 3D-suunnitteluohjelmilla. Ensin luonnosteltiin 2D-sketch, joka pursotettiin 3D-malliksi. Tämän jälkeen 3D-mallia muokattiin 3D-työkalujen avulla. Kun osat olivat valmiit, kerättiin ne erilliselle kokoonpanopohjalle ja kiinnitettiin toisiinsa Constrain-työkalujen avulla.

Kokoonpanosta tehtiin samanlainen mittakuva kuin nykyisellä prosessilla on tehty. Inventorilla on mahdollisuus tehdä mittakuva kahteen erilaiseen tiedostoformaattiin: idw tai suoraan dwg. Inventor sisältää monen eri mitoitustandardin piirustus pohjia, jotka voidaan tallentaa edellä mainittuihin tiedostoformaatteihin. Piirustus pohjat voidaan tallentaa myös toisenlaisiin tiedostoformaatteihin, jos on tarvetta. Tässä työssä käytettiin ISO-mitoitustandardin (International Organization for Standardization) idw-tiedostoformaatin piirustus pohjaa, joka tallennettiin sekä idw- että dwg-formaattiin. Piirustus pohja sisältää oman otsikkotaulun. Mittakuvan teko aloitettiin valitsemalla oikeat kuvannot kokoonpanosta. Kuvantojen kuvatasot muokattiin samoiksi, kuin nykyisessä mittakuvassa. Seuraavaksi kuvannot mitoitettiin ja osanumeroitiin. Osanumerot muokattiin vastaamaan Inventorista saadun osaluettelon numerointia. Tämän jälkeen täytettiin otsikkotauluun tarvittavat tiedot. Tehty mittakuva on esitetty liitteessä D.

Mittakuvan jälkeen tehtiin kokoonpanosta hitsauskartta, joka on samanlainen kuin nykyprosessilla tehty. Hitsauskarttaan kopioitiin mittakuvan pääkuvanto, josta poistettiin mitat ja osapallot. Kuvantoon lisättiin hitsaussaumojen numerot, joiden mukaan tehtiin hitsaussaumataulukko. Hitsauskarttaan kopioitiin vielä nykyisestä hitsauskartasta pakan hitsauskuvanto ja hitsaussaumataulukko. Hitsauskartta on esitetty liitteessä E.

4.2.2 Esille nousseet havainnot

Kokoonpanosta on helppo muodostaa piirustus, koska piirustuksen kuvannot on linkitetty 3D-malliin. Jos kokoonpanoa muokataan, päivittyy kokoonpanoon tehtyt muutokset automaattisesti piirustukseen. Kyseisen piirustuksen tulee kuitenkin olla tallennettu joko idw- tai dwg-formaattiin, jotta päivitys tapahtuisi. Muihin formaatteihin tallennettuna, piirustus tulee päivittää manuaalisesti. Piirustuksen kuvannoissa voi valita näkyviin joko sisäosat, jolloin ne näkyvät katkoviivoina tai pelkästään ulkopuoliset osat. Piirustustiedostolla on omat kuvatasot, joita voi muokata Edit Layers -työkalun avulla. Inventor käyttää näitä kuvatasoja, kun se muodostaa kuvannot. Kuvantojen mitoituksen voi tehdä automaattisesti tai manuaalisesti. Automaattisesti tehdessä Inventor antaa osien mitat, joista valitaan halutut näkyviin. Mittoihin voidaan lisätä symbooleja tai tekstiä. Piirustukseen on mahdollista laittaa Inventorin luoma osaluettelo, jonka osanumerojärjestys määräytyy kokoonpanoon tuotujen osien järjestyksestä. Osaluettelon rakennetta, osien järjestystä ja osanumerointia voidaan muokata itselle sopivaksi. Osanumerointi tapahtuu Balloon-työkalulla. Piirustustiedostoilla on omat standardipohjat, mutta suunnittelija voi tehdä oman piirustus pohjan. Tällöin suunnittelija saa kaikki haluamansa tiedot otsikkotauluun.

Inventorilla on mahdollisuus lisätä useampia sivuja samaan piirustustiedostoon. Tämän ominaisuuden avulla kokoonpanolle voidaan tehdä hitsauskartta samaan tiedostoon. Kun kyseinen tiedosto tallennetaan AutoCad DWG files -formaattiin, tallentuu jokainen piirustus omaksi tiedostokseen. Hitsauskartan kuvannot ovat kopioita mittakuvan

kuvannoista, jolloin nekin päivittyvät automaattisesti kokoonpanon muuttuessa. Kuvantoja voidaan muokata samalla tavalla kuin mittakuvassa. Hitsausaumojen listaustaulukkoa tehdessä, määritetään rivien ja sarakkeiden lukumäärät. Taulukon rakennetta voidaan muokata halutun kokoiseksi. Inventorilla tehdyt taulukot, osanumeropallot ja tekstikentät ovat AutoCadin puolella bloqueja, joita pystyy muokkaamaan. Hitsauskartalle kannattaa tehdä oma piirustus pohja, koska muuten mittakuvan otsikkotaulun tiedot kopioituvat automaattisesti hitsauskarttaan.

4.2.3 Selvityksen tuloksia

Luvussa 3.3 kerrottiin, että uuden 3D-suunnitteluohjelman tulisi tuottaa mittakuva, jossa sekä kuvan mittakaava että lämmönsiirtimen mitat ja mitoitus olisivat oikein. Kuvan tulisi olla myös sellaisessa formaatissa, että sitä pystytään muokkaamaan AutoCad-ohjelmalla. Kaikki vaatimukset toteutuvat, kun kokoonpano tallennetaan AutoCad DWG files -formaattiin. Tämä tallennusmuoto mahdollistaa myös kuvantojen kopioinnin AutoCad-piirustuksista Inventor-piirustuksiin. Kopioidut AutoCad-kuvannot pysyvät alkuperäisessä muodossa, mutta niiden mitoitus täytyy tehdä uudestaan. AutoCad-kuvantojen kopiointi ei kuitenkaan onnistu samalla tavalla piirustuksiin, jotka ovat muuta kuin AutoCad DWG files -formaattia. Tällöin kopioidut AutoCad-kuvannot tulee lisätä erillisinä sketch:nä tai block:na piirustuksiin. Tällä tavoin kuvannoista saadaan muokattavia. AutoCadilla tehtyjä piirustuksia ei pysty muokkaamaan Inventorilla. AutoCad DWG files -formaatin Inventor-piirustuksesta voidaan kopioida kuvantoja AutoCad-piirustukseen, jolloin kuvannot pysyvät muuttumattomina ja muokattavina.

Inventorin piirustus pohjan kuvatasot ovat oletusarvoiltaan mustia, mutta ne voidaan vaihtaa halutun värisiksi. Kuitenkin Inventorin opiskelijaversiossa kuvatasoihin tehdyt muutokset eivät tallennu. Kun mittakuva mallinnetaan kuvatasojen oletusarvoilla, voidaan se tallentaa ja tulostaa suoraan pdf-tiedostoksi. Kuva näkyy sekä dwg- että pdf-tiedostoissa musta-valkoisena, samoin tulostettaessa.

Muokattuja kuvatasoja käytettäessä siirtyvät vaihdetut värit automaattisesti myös tiedoston muille sivuille. Saatua mittakuva tallennetaan AutoCad DWG files -formaattiin ja avataan AutoCadilla, kuvatasot näkyvät oikein ja niitä voidaan muokata tarvittaessa. Kyseistä mittakuvaa ei voida tulostaa suoraan pdf-tiedostoksi, vaan se pitää avata ensin AutoCadilla ja sitten tulostaa PDF-XChange Printer 2012 -ohjelman avulla. Muuten piirustus ei tulostu paperille oikein. Kyseinen mittakuva pitää tulostaa värikuvana sekä pdf- että dwg-tiedostoissa, jotta vaaleat värit näkyvät.

5. KEHITYSVAIHTOEHTO 2: PARAMETRISOITU 3D-SUUNNITTELU

Yrityksen nykyinen suunnitteluprosessi perustuu 2D-suunnitteluun, vaikka Sizing tuottaa 3D-kuvan. Tämä on nostanut esille mahdollisen siirtymisen 3D-suunnitteluun. Tässä luvussa selvitetään, miten Autodesk Inventor soveltuisi 3D-suunnitteluominaisuuksiensa osalta yrityksen tarpeisiin. Asiaa tutkittiin tekemällä pelkistetty parametrisoitu kokoonpano lämmönsiirtimen PSHE 3HH-200/1/1 rakenteesta (liite C).

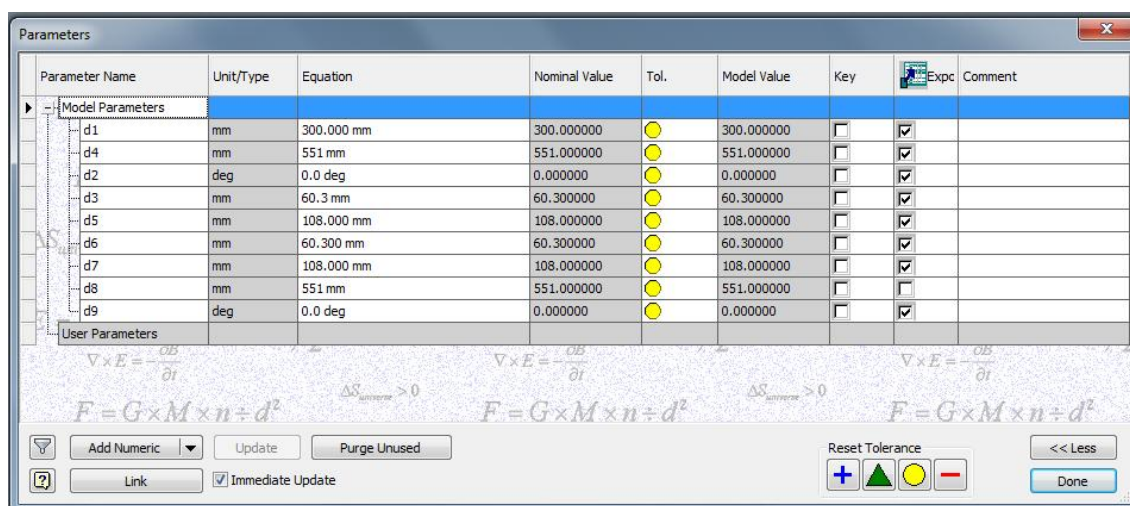
5.1 Parametrisuus

Parametrisuus tarkoittaa käytännössä sitä, että kohteeseen kytkettyjä mittoja voidaan muuttaa missä vaiheessa mallinnusta tahansa siten, että kohteen geometria muuttuu vastaavasti. Parametrisuus myös helpottaa muutosten tekemistä. Jos kappaleen jotakin mitta halutaan muuttaa, ei geometriaan tarvitse kajota. Riittää, että muutetaan kyseistä mittalukua, jolloin siihen kytketty geometria muuttuu sekä itse kohteessa että kaikissa siihen kytkettyissä muissa kohteissa, kuten esimerkiksi kokoonpanoissa ja piirustuksissa. [8, s. 23]

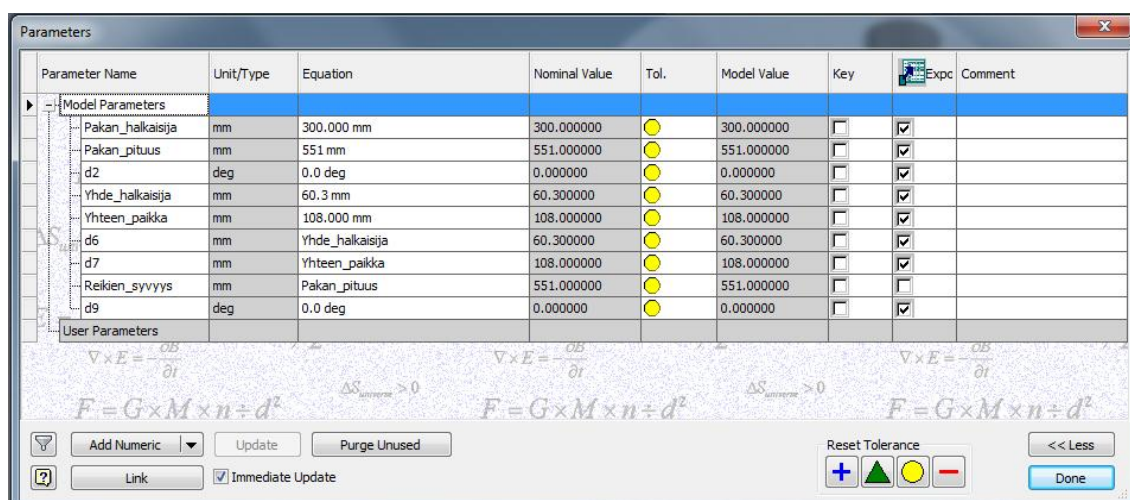
5.2 Parametrisoitu kokoonpano

5.2.1 Parametrisointi

Osien parametrisointi aloitetaan tekemällä 2D-sketch, joka pursotetaan 3D-malliksi. Molemmat tulee olla mitoitettuja. Inventor kokoaa kaikki mallissa käytetyt mitat Parameters-valikkoon kuvan 6 mukaisesti, jolloin ne toimivat mallin parametreina. Suunnittelija voi nimetä parametrit haluamallaan tavalla. Mitta-arvojen tilalle voi laittaa matemaattisen yhtälön, tai sen voi linkittää toiseen mittaan. Kuvassa 7 on näytetty suunnittelijan muodostamat parametrit, joita 3D-mallissa käytetään. Mitoista on mahdollista tehdä myös Multi-parametreja, jossa suunnittelija määrittelee valittavat mitta-arvot, jolloin arvoja ei voi syöttää vapaasti. User Parameters -listaan voi laatia omia parametreja ja hakea muiden osien parametreja malliin käytettäväksi, jolloin osat linkittyvät keskenään. Parametreja voidaan muokata missä vaiheessa tahansa Parameters-valikon kautta.

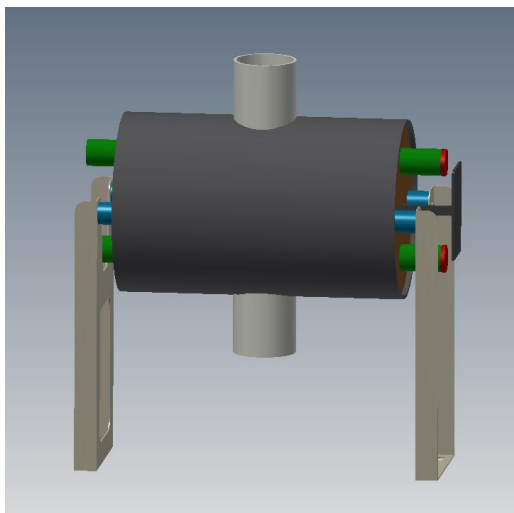


Kuva 6. 3D-mallin mitat Parameters-valikossa ennen parametrisointia.



Kuva 7. Suunnittelijan muodostamat parametrit, joita käytetään 3D-mallissa.

Kokoonpanossa osien liittämiseen käytetään constrain-käskyjä, jotka Inventor kerää automaattisesti kokoonpanon Parameters-valikkoon. Constrain-käskyjä voidaan nimetä ja mittalukujen sijaan käyttää matemaattisia yhtälöitä samalla tavalla kuin osien parametreissa. Käskyissä voidaan käyttää hyödyksi osien parametreja esimerkiksi osien sijoittelussa. Jos halutaan esimerkiksi haaraputken pysyvän pääputken keskikohdassa, kun pääputken pituus muuttuu, voidaan haaraputken paikka linkittää pääputken pituuden suhteen. Tällöin haaraputki pysyy keskikohdassa riippumatta pääputken pituudesta. Kokoonpanolle on mahdollista tehdä myös omia parametreja. Osien parametreja voidaan muokata kokoonpano-tilassa, kun kaksoisklikataan piirrepuussa haluttua osaa. Tällöin päästään suoraan osatilaan ilman, että osaa joudutaan erikseen avaamaan omaan ikkunaan. Kuvassa 8 on vielä näytetty Inventorin avulla tehty parametrisoitu kokoonpano.



Kuva 8. Inventorilla muodostettu parametrisoitu kokoonpano.

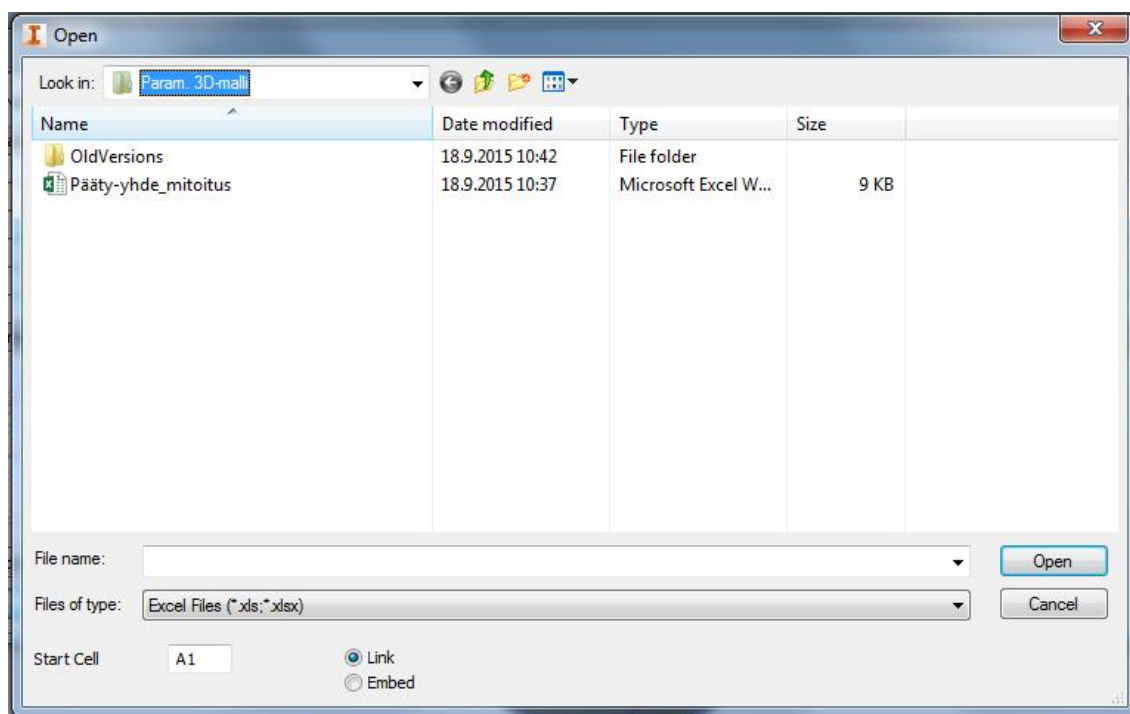
5.2.2 Parametrisointi Excelin avulla

Osien parametrisointi aloitetaan tässäkin tapauksessa samalla tavalla kuin edellisessä tapauksessa. Muodostetaan ensin 2D-sketch ja pursotetaan se 3D-malliksi. Molempien tulee olla mitoitettuja. Mitat on koottuna Parameters-valikossa samalla tavalla kuten kuvassa 6. Tämän jälkeen avataan uusi Excel-tilukko, johon kirjataan parametrien nimet, mitta-arvot ja mittayksiköt. Kuvassa 9 on näytetty esimerkki taulukosta.

	A	B	C
1	Nimi	Mitta	Yksikkö
2	Ulkohalkaisija_Yhde	60.3 mm	
3	Yhteen_pituus	120 mm	
4	Sisähalkaisija_yhde	53.1 mm	
5			
6			

Kuva 9. Parametrisoinnissa käytettävä Excel-tilukko.

Parametrin nimi, mitta-arvo ja mittayksikkö tulee jokainen kirjoittaa omaan sarakkeeseen, kuten kuvasta 9 on nähtävissä. Parametrit tulee nimetä taulukkoon samalla tavalla kuin ne nimettäisiin Parameters-valikossa. Osaan kuuluvat parametrit tulee kirjata taulukkoon peräkkäin ilman tyhjää välirivejä. Eri osien parametrit voidaan erottaa toisistaan tyhjillä väliriveillä. Jos taulukko tehdään muuten kuin edellä mainituilla tavoilla, ei Inventor pysty lukemaan taulukkoon kirjattuja arvoja oikein. Tällöin Excel-tilukkoa ei voida käyttää parametrisoinnin apuna. Kun taulukkoon on saatu kirjattua kaikki tarvittavat arvot, tallennetaan se ja palataan takaisin Inventor-ohjelman puolelle. Kuvan 9 taulukko tallennettiin nimellä Pääty-yhde_mitoitus ja tallennuspaikaksi valittiin Param. 3D-malli -kansio. Avataan Inventorista Parameters-valikko, joka näyttää kuvan 6 mukaiselta, ja valitaan sieltä toiminto Link, jolloin aukeaa kuvassa 10 näytetty ikkuna.



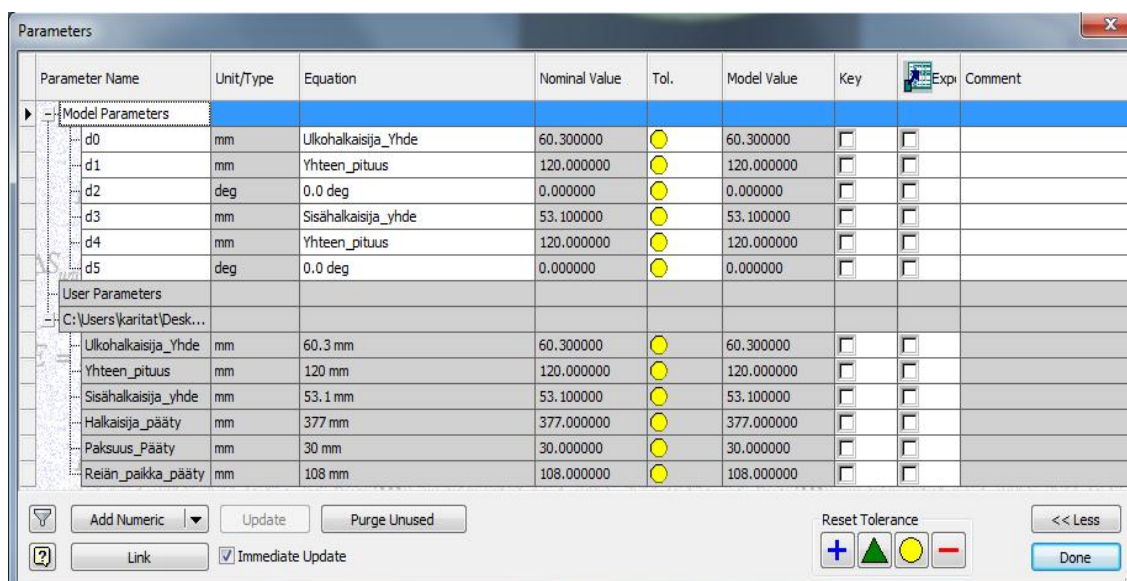
Kuva 10. Link-toiminnosta aukeava ikkuna, jonka avulla muodostetaan linkitys Inventorin ja Excel-taulukon välille.

Avautuvassa ikkunassa valitaan ensimmäisenä kohtaan Files of type alaspöytävalikosta tiedostoformaatti Excel Files. Tämän jälkeen haetaan Look in -kohtaan paikka, johon Excel-taulukko on tallennettu ja valitaan taulukko. Seuraavaksi kirjataan Start Cell -kohtaan haluttu aloitussolu. Aloitussolulla tarkoitetaan tehdyn Excel-taulukon solua, josta Inventor aloittaa kirjattujen parametrien arvojen lukemisen. Inventor osaa lukea siitä eteenpäin kirjattujen parametrien arvot automaattisesti. Aloitussolu kirjataan siten, että otetaan taulukosta pystyrivin osoittama kirjain ja vaakarivin osoittama numero. Kuvan 9 taulukosta aloitussoluksi kirjattaisiin tällöin A2. Tarkistetaan vielä, että Link-kohta on valittu, jotta Inventor voi linkittyä Excel-taulukon kanssa ja lukea taulukkoon kirjattuja parametreja. Edellä tehtyjen toimenpiteiden jälkeen, voidaan suorittaa Open-toiminto. Kyseisessä toiminnossa Inventor lukee Excel-taulukosta kirjatut parametrit, jolloin ne kopioituvat taulukosta Parameters-valikkoon. Samalla muodostuu linkitys taulukon ja Inventorin välille. Tämän linkityksen avulla Inventor ja Excel-taulukko ovat yhteydessä toisiinsa, jolloin taulukkoon tehdyt muutokset siirtyvät suoraan Inventoriin. Kuvassa 11 on esitetty Parameters-valikko sen jälkeen, kun Excel-taulukon parametrit ovat kopioituneet siihen.

Parameter Name	Unit/Type	Equation	Nominal Value	Tol.	Model Value	Key	Exp	Comment
Model Parameters								
d0	mm	60.3 mm	60.300000	●	60.300000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d1	mm	120 mm	120.000000	●	120.000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d2	deg	0.0 deg	0.000000	●	0.000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d3	mm	53.1 mm	53.100000	●	53.100000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d4	mm	120 mm	120.000000	●	120.000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d5	deg	0.0 deg	0.000000	●	0.000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
User Parameters								
C:\Users\karitat\Desktop								
Ulkohalkaisija_yhde	mm	60.3 mm	60.300000	●	60.300000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Yhteen_pituus	mm	120 mm	120.000000	●	120.000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sisähalkaisija_yhde	mm	53.1 mm	53.100000	●	53.100000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Halkaisija_pääty	mm	377 mm	377.000000	●	377.000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Paksuus_pääty	mm	30 mm	30.000000	●	30.000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Reian_paikka_pääty	mm	108 mm	108.000000	●	108.000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

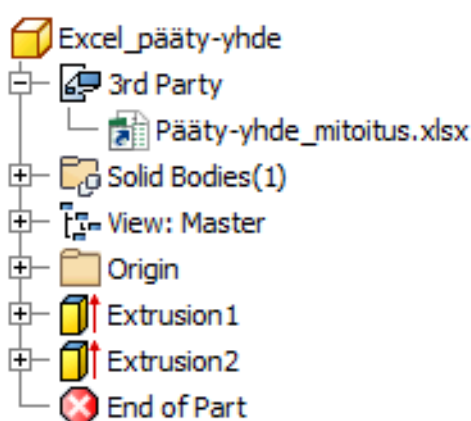
Kuva 11. Excel-taulukosta kopioidut parametrit Parameters-valikossa.

Kun parametrit ovat kopioituneet Parameters-valikkoon, voidaan parametrisoida Inventor-mitat ja samalla linkittää mitat ja parametrit toisiinsa. Valitaan ensin Inventor-mitta, joka vastaa siihen parametrisoitavaa parametria. Kun mitta on valittu, painetaan hiiren oikeaa näppäintä Equation-pystyrivin kohdalla olevan mitta-arvon päällä. Valitaan kohta List Parameters. Tällöin aukeaa lista, jossa näkyy taulukosta kopioitujen parametrien nimet. Valitaan listasta Inventor-mittaa vastaava parametri, jolloin valitun parametrin nimi siirtyy Equation-pystyrivin kohdalla olevan mitta-arvon tilalle. Näin ollen, Inventor parametrisoi mitan kopioidun parametrin kanssa. Kuvassa 12 on esitetty Parameters-valikko sen jälkeen, kun kaikki Inventor-mitat on parametrisoitu kopioitujen parametrien kanssa. Samaa parametria voidaan käyttää usean Inventor-mitan parametrisointiin. Kuvassa 12 on sekä mitta d1 että d4 parametrisoitu Yhteen_pituus-parametrin kanssa, koska mittojen mitta-arvot ovat samat ja ne muuttuvat samassa suhteessa toisiinsa nähden. Kun kaikki osat ovat parametrisoitu, on ne vielä kuitattava Done-toiminnolla. Parametrisointi muodostaa Inventor-mittojen ja kopioitujen parametrien välille linkit, jolloin taulukon parametreihin tehdyt muutokset siirtyvät automaattisesti Inventor-mittoihin. Kun Excel-taulukossa olevan parametrin mitta-arvoa muutetaan, muuttuu myös sen kanssa parametrisoidun mitan mitta-arvo. Näin ollen parametrien ja siitä edelleen osien mitta-arvoja voidaan muokata Excel-taulukon avulla ilman, että tarvitsee kajota itse osien geometreihin tai Parameters-valikkoon.



Kuva 12. Parameters-valikko, kun Inventor-mitat on parametrisoitu kopioitujen parametrien kanssa.

Kun parametrisoinnit on kuitattu, tulee osan piirrepuuhun 3rd Party -valikko. Tätä valikkoa kaksoisklikkaamalla avautuu suoraan parametrisoinneissa käytettyjen parametrien Excel-taulukko. Valikko nopeuttaa parametrien muokkaamista, koska taulukko avautuu automaattisesti, eikä sitä tarvitse erikseen etsiä ja avata. Kuvassa 13 on näytetty kyseinen valikko. Kun taulukon parametrin arvoa muokataan, tulee taulukko muistaa tallentaa, koska muuten muutokset eivät siirry Inventoriin. Kun muutos on tallennettu, tulee Inventor-rakenne päivittää, jotta muutokset siirtyvät parametrisoituihin mittoihin ja itse rakenteeseen.

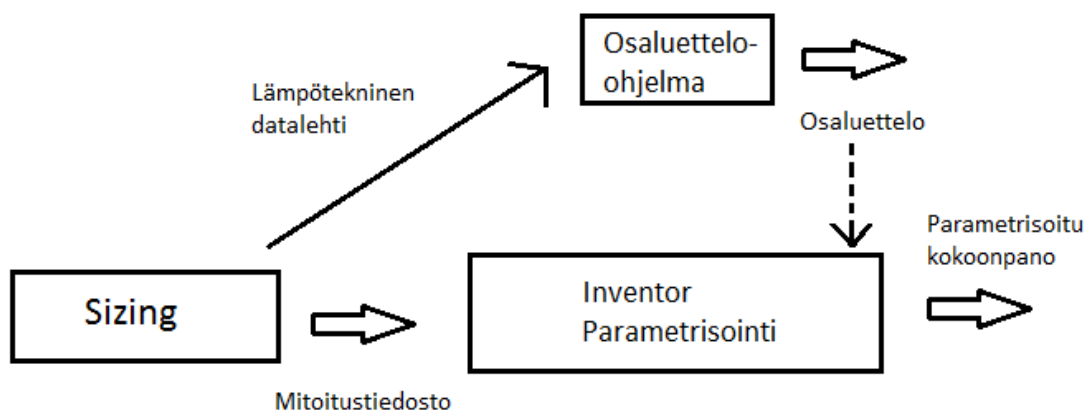


Kuva 13. 3rd Party -valikko, jonka avulla voidaan muokata Excel-taulukon parametreja.

Kokoonpanossa osien liittäminen toisiinsa tapahtuu constrain-käskyjä käyttäen ja ne voidaan parametrisoida samalla tavalla Excel-taulukkoa apuna käyttäen, kuin osat. Tällöin Excel-taulukolla ohjataan osien sijoitteluun käytettäviä constrain-käskyjä. Samalla Excel-taulukolla voidaan ohjata eri osien tai kokoonpanon parametrisointeja.

Siinä tapauksessa jokaiselle osalle/kokoonpanolle tulee valita oma erillinen aloitussolu, jolloin osa/kokoonpano voidaan parametrisoida vain niiden parametrien kanssa, jotka kuuluvat sille.

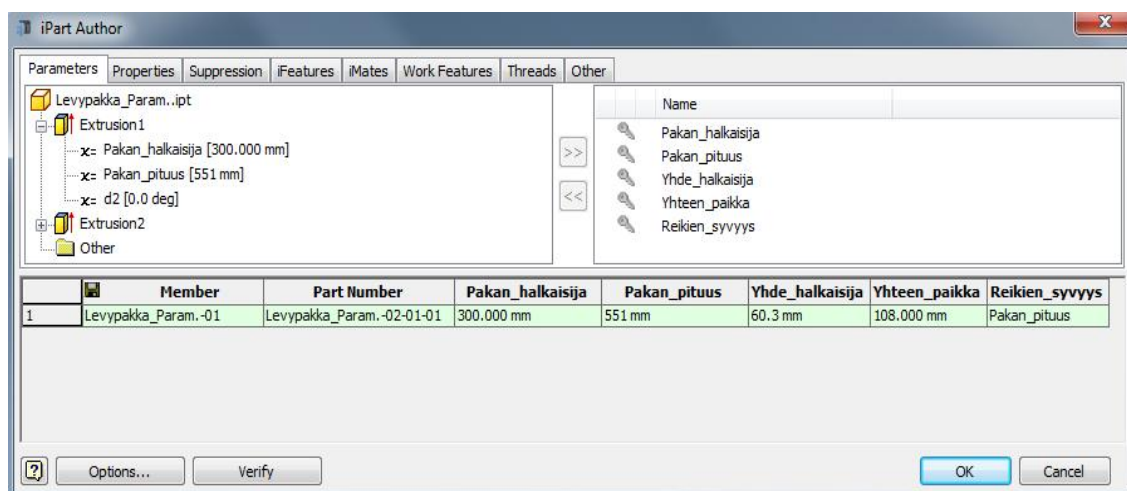
Vahteruksen käyttämä osaluettelo-ohjelma on Excel-pohjainen ja se tuottaa Excel-taulukkomuotoisen osaluettelon. Kyseistä osaluetteloa olisi mahdollista käyttää kokoonpanon parametrisointiin, jolloin lämmönsiirtimen osien tiedot olisivat parametreja ja ne siirtyisivät osaluettelosta suoraan kokoonpanoon. Myös kokoonpanon parametrisointi voitaisiin tehdä osaluettelon avulla. Kuitenkin nykyprosessissa tehdään jo aikaisemmassa vaiheessa Sizing-ohjelmiston tuottaman mitoitus-tiedoston avulla SolidWorksilla 3D-malli. Se toteutetaan automaattisesti valmiiden konfiguraatietietojen avulla. Inventorin tapauksessa käytössä oleva konfiguraatio vaihdettaisiin Inventor-pohjaiseen konfiguraatioon, jolloin sen käyttämät konfiguraatietiedot tuotaisiin Sizing-ohjelmistosta. Eli Sizing-ohjelmistosta poimittaisiin kokoonpanon parametrisointiin tarvittavat tiedot siirtotiedostoon, joiden arvot luettaisiin konfiguraatioon. Näiden arvojen perusteella saataisiin kokoonpanoon tuotua oikeat osat ja samalla myös ohjattua muuttuvien osien mitat oikeiksi. Jos parametrisointi toteutettaisiin edellä kuvatulla tavalla, voisi osaluettelo-ohjelma toimia Sizing-ohjelmiston taustalla. Tällöin osaluettelosta siirrettäisiin sellasta tietoa parametreihin, mitä ei Sizing-ohjelmistosta saa. Osaluettelo-ohjelmaa käytettäisiin tähän tarkoitukseen vain tarvittaessa. Kuvassa 14 on periaatekuva parametrisoinnin prosessikaaviosta. Kaaviosta näkyy myös mitä tietoa liikkuu ohjelmien välillä ja missä muodossa.



Kuva 14. Parametrisoinnin prosessikaavio, kun se toteutettaisiin Sizing-ohjelmiston ja osaluettelo-ohjelman avulla.

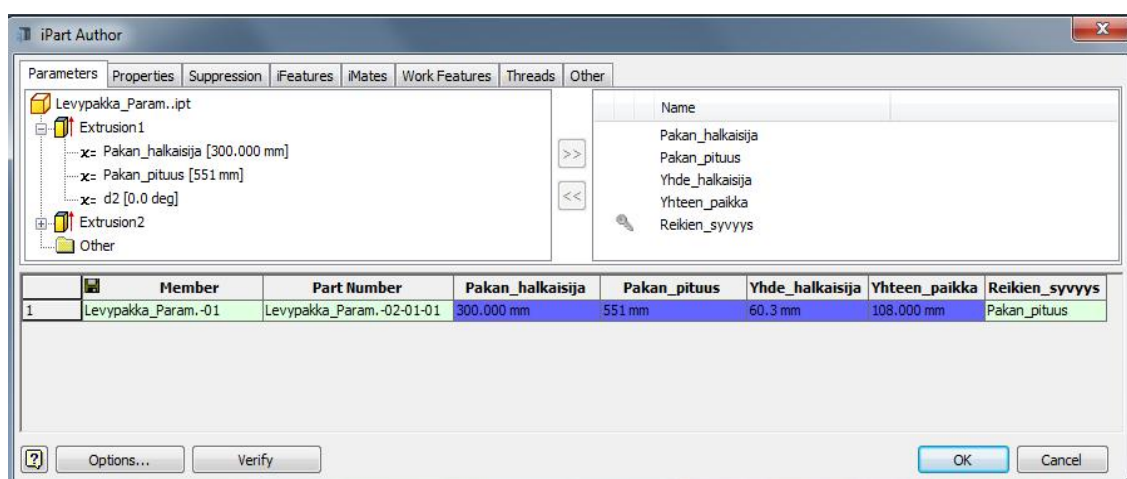
5.2.3 Parametrisoinnin soveltaminen

Parametrisia osia voidaan soveltaa pidemmälle, tekemällä niistä iPart:ja. iPart:ja käytetään rakentamaan osaperheitä, joiden muoto pysyy samana, mutta mitat muuttuvat. Kun osa on parametrisoitu, valitaan Create iPart -työkalu, josta aukeaa kuvan 15 mukainen ikkuna. Ikkunasta näkee luodut parametririvit, joita voidaan lisätä halutessa.



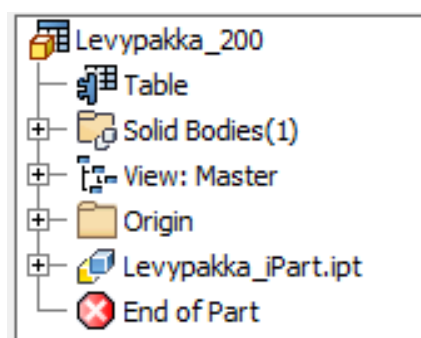
Kuva 15. Create iPart –ikkuna, jonka avulla muodostetaan iPart.

iPart:ia tehdessä voi valita sarakkeita, joiden arvot halutaan pitää vapaasti muutettavina. Kuvassa 16 on näytetty esimerkki tällaisesta tilanteesta. Vapaasti muutettavat mitat näkyvät kuvassa tummansinisinä.



Kuva 16. iPart:n vapaasti muutettavat mitat.

Kun iPart on luotu, piirrepuuhun tulee table-valikko, josta voi vaihtaa osan mitoitusta tai valmiiksi määritettyjä kokoja. Jos luo iPart:n, jolla on vain yksi koko, muuttuu se automaattisesti standardikomponentiksi. Kuvassa 17 on esitetty iPart:n piirrepuussa oleva table-valikko.



Kuva 17. Table-valikko, jonka avulla voidaan muokata iPart-osaa.

iPart-osista luodaan kokoonpano samalla tavalla, kuin parametrisoiduista osista. Osien liittämiseen voidaan käyttää iPart:ien parametreja. Kun iPart-osia liitetään kokoonpanoon, Inventor kopioi iPart-rakenteen ja tallentaa osan uudeksi osaksi. Käyttäjän luoma iPart-osa jää niin sanotuksi pohjarakenteeksi, jota kopioidaan kokoonpanoihin. Tämä pätee kaikkiin iPart:in. Tästä johtuen osan piirrepuussa olevan table-valikon valittavat arvot eivät näy tai toimi kokoonpanossa. Kun halutaan muuttaa kokoonpanoon liitetyn iPart-osan table-valikon arvoja, pitää palata alkuperäiseen käyttäjän luomaan iPart:n rakenteeseen ja tehdä siellä halutut muutokset. Tämän jälkeen tallennetaan muutettu osa kokonaan uudeksi osaksi.

5.2.4 Tulokset

Luvussa 3.3 mainittiin, että 3D-suunnitteluohjelmaa voitaisiin käyttää hyödyksi siten, että se tuottaisi parametrisoidun kokoonpanon mittakuvan sijasta. Inventorilla on mahdollista tehdä parametrisoituja osia ja koota ne kokoonpanoksi. Osien linkittäminen toisiinsa ja niiden parametrien muuttaminen kokoonpano-tilassa on mahdollista. Parametrisoiduista osista voidaan luoda iPart:ja, mutta ne sopivat parhaiten tuoteperheiden luontiin. iPart-osat tarvitsevat paljon tiedostotilaa niiden kopioitumisen takia.

Parametrisoitu kokoonpano on mahdollista tehdä myös Excel-taulukon avulla. Taulukkoon kirjataan parametrit, jotka parametrisoidaan ja linkitetään osien Inventor-mittojen/kokoonpanojen constrain-käskyjen kanssa. Näin tehtäessä voidaan taulukon avulla muokata parametreja ilman, että tarvitsee kajota geometriihin. Vahteruksella käytössä olevan osaluettelo-ohjelman tuottamaa osaluetteloa olisi mahdollista käyttää parametrisoinnissa. Nykyprosessissa tehdään kuitenkin aikaisemmassa vaiheessa Sizing-ohjelmiston tuottaman mitoitus-tiedoston avulla 3D-malli. Se tehdään automaattisesti valmiiden konfiguraatioitietojen avulla. Inventorin tapauksessa käytössä oleva konfiguraatio vaihdettaisiin Inventor-pohjaiseen konfiguraatioon, jolloin sen käyttämät konfiguraatiotiedot tuotaisiin Sizing-ohjelmistosta. Eli Sizing-ohjelmistosta poimittaisiin tiedot siirtotiedostoon, joiden arvot luettaisiin konfiguraatioon. Näiden arvojen perusteella saataisiin kokoonpanoon tuotua oikeat osat ja samalla myös ohjattua muuttuvien osien mitat oikeiksi. Sizing-ohjelmiston taustalla voitaisiin käyttää

osaluettelo-ohjelmaa, josta siirrettäisiin sellasta tietoa parametreihin, jota ei Sizing-ohjelmistosta saa. Osaluettelo-ohjelmaa käytettäisiin tähän tarkoitukseen vain tarvittaessa.

Luvussa 3.3 mainittiin myös, että osa parametrisoidun kokoonpanon mitoituksista voisi olla lukittuna, jotta asiakas voisi tehdä malliin mahdollisia muutoksia ja ehdotuksia niiden puitteissa. Parametrisoituja mittoja ei kuitenkaan voida lukita. Myöskään constrain-käskyjen parametrisointeja ei voida lukita. Tekemällä osasta yhden koon sisältävän iPart:n, standardikomponentin, voidaan lukita osan koko rakenne, jolloin rakenne ei ole muokattavissa. Kokoonpanon lukitseminen onnistuu, kun luodaan iAssembly, jolloin ei voida muokata osia tai niiden sijoittelua.

6. KEHITYSVAIHTOEHTO 3: TIEDONHALLINTAJÄRJESTELMÄ

Luvussa 3 mainittiin, että nykyisen tilaus- ja toimitusprosessin käyttämien ohjelmien välinen tiedonsiirto on minimaalista. Eri ohjelmiin pitää syöttää sama tieto uudestaan ja dokumenttien päivitys tapahtuu manuaalisesti. Mahdollinen ratkaisu ongelmaan olisi tiedonhallintajärjestelmä. Cad-Q on ehdottanut **Sovelia PLM** -järjestelmää (Sovelia), joka vastaisi parhaiten Vahteruksen tiedonhallintatarpeisiin. Samalla yritys siirtyisi 3D-suunnitteluun, jolloin järjestelmään yhdistettäisiin Autodesk Inventor ja sen mukana tuleva tuotetiedonhallintajärjestelmä **Autodesk Vault** (Vault). Tässä luvussa käydään läpi sekä Sovelia PLM- että Autodesk Vault -sovellusta ja selvitetään, miten ne mahdollisesti vaikuttaisivat Vahteruksen tiedonhallintatarpeisiin. Sovelluksia ei testattu rajallisen ajan vuoksi, vaan niistä tehtiin tutkimusta kirjallisuuden ja Cad-Q:n haastattelujen avulla.

6.1 Sovelia PLM

PLM (engl. Product Lifecycle Management) eli tuotteen elinkaaren hallinta, on järjestelmä, jossa voi suunnitella, hallinnoida ja ohjata kaikkea tietoa, jota tarvitaan tuotteelle sen koko elinkaaren aikana. PLM-järjestelmän pääajatuksena on tuotteen informaation luominen ja säilyttäminen hallitusti, jotta voidaan varmistaa tietojen nopea ja helppo saatavuus. [34, s. 3, 9] Parhaimmillaan PLM-järjestelmä on koko yrityksen kattava tietojärjestelmä. PLM:n perustana on palvelin ja tietoverkko. Kaikki tuotettu tuotetieto tallennetaan palvelimen ”tietoholviin”. Tällöin järjestelmän käyttäjät löytävät etsimänsä tiedon helposti. [29, s. 11]

Kaikki PLM-järjestelmät sisältävät samankaltaisia ominaisuuksia ja teknologioita, joilla pystytään suorittamaan niille suunnattuja tehtäviä. Lähes kaikille järjestelmille yhteisiä ominaisuuksia ovat Filevault eli tietoholvi, Metadata-kanta ja Ohjelmisto. Tietoholvissa on kaikki tieto, jota järjestelmässä käytetään. Sinne varastoidaan siis kaikki versiot dokumenteista ja piirustuksista. Tietoholvi koostuu joko yhdestä tai useammasta tiedostopalvelimesta. Metadata-kanta huolehtii järjestelmän rakenteesta. Kantaan tallentuu kaikkien PLM-järjestelmään tuotujen dokumenttien metatiedot. Metadata-kanta kertoo tuodusta informaatiosta sen muodon/laatijan ja miten/mistä se on löydettävissä. Metatietojen täyttäminen tulee kuitenkin tehdä aina samalla tavalla, jotta informaatio on löydettävissä kannasta. PLM-ohjelmiston tarkoituksena on suorittaa kaikki siltä vaaditut toiminnot, tiedonsiirrot ja tiedostomuunnokset. Vain silloin ohjelmistosta on hyötyä sen käyttäjälle. Ohjelmisto näyttää metadata-kannassa olevat tiedot käyttöliittymän kautta. Ohjelmistoa voidaan käyttää linkkinä toisiin ohjelmistoihin, järjestelmiin ja tietoholveihin. [34, s. 6, 18]

Sovelia PLM on Cad-Q:n kehittämä sovellus, jossa käyttäjä pääsee käyttöoikeuksien sallimissa rajoissa käsittelemään jaettuja tiedostoja ja muokkaamaan niitä [32, s. 41-42]. Sovellus on helposti integroitavissa yrityksen muihin järjestelmiin, jolloin se vastaanottaa tuoteinformaatiota eri järjestelmiltä. Näin saadaan jaettua tuoteinformaatioita keskitetysti ja oikea-aikaisesti käyttäjille ja käytettäviin järjestelmiin. [5] Sovelluksen yleisin rakenne sisältää suunnitteluohjelman sekä tuotetiedonhallinta- ja toiminnanohjausjärjestelmän. Rakenteeseen voidaan lisätä myös myynti-, projektitiedon hallinta-, tuotetiedon jakelu toimittajille- ja huolto ja jälkimarkkinointi -ratkaisu. [20] Liitteessä F on esitetty Cad-Q PLM ratkaisujen kattavuus. Sovelia PLM:n avulla helpottuu suunnittelutiedostojen, kuvien ja muiden projektikohtaisten dokumenttien hallinta. Sovellus voidaan linkittää suoraan Autodesk Inventorin kanssa, jolloin DWG-piirustusten avaus ja tallennus helpottuvat. Sovelia PLM:ssä kuvat ja niiden osat saadaan linkitettyä suoraan tuoterakenteeseen ja dokumentit löytyvät samasta paikasta, jolloin niiden revisioita on helpompi hallita. [32, s. 42]

6.2 Autodesk Vault

Autodesk Vault on suunnittelutiedostojen hallintaohjelma, jonka avulla Autodesk Inventorin dokumentit ja muut tiedostot (osat ja kokoonpanot) voidaan pitää hallinnassa. Suunnittelijoilla on työasemillaan henkilökohtainen työtila, jossa dokumentteja muokataan. Dokumenttien muokkaamiseen käytetään Check Out- ja Check In -toimintoja. Dokumenttien ollessa valmiita jaettaviksi muille, voi niitä muokannut suunnittelija siirtää ne tietoholviin Check In -toiminnolla. Sieltä ne voidaan kopioida suunnittelijan henkilökohtaiseen työtilaan Check Out -toiminnolla. Dokumentista säilyy kopio tietoholvissa, vaikka dokumentti otetaan muokattavaksi. Kun dokumentti on Check Out -tilassa, tietoholvissa oleva kopio on lukittu, jolloin kukaan muu ei voi tehdä muutoksia dokumenttiin paitsi se, joka on ottanut dokumentin Check Out -tilaan. [8, s. 128]

Autodesk Vault pitää huolta siitä, että kokoonpanoissa ja piirustuksissa viitataan aina oikeaan 3D-dokumenttiin. Versionhallinta toimii siten, että jos aikaisemmin tietoholvissa olevan dokumentin uusi versio tallennetaan holviin, säilyy sekä uusi että vanha versio holvissa. Uuden dokumentin versionumero kasvaa ja kaikki siihen liittyvät kokoonpanot ja piirustukset päivitetään käyttämään viimeisintä versiota. [8, s. 128–129]

Autodesk Vault tuoteperhe pitää sisällään seuraavat tuotteet: Autodesk Vault Basic, Autodesk Vault Workgroup ja Autodesk Vault Professional. Perusversio Vaultista on riittävä vaihtoehto, jos tarpeet rajoittuvat dokumenttien keskitettyyn tallentamiseen ja turvaamiseen. [4] Autodesk Vault Basic tulee Inventorin mukana, mutta se ei ole riittävä Vahteruksen tarpeisiin, koska se ei hallinnoi tiedostorevisioita [19]. Autodesk Vault Workgroup ja Professional sisältävät kehittyneempiä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi visuaalisen tiedonhallinnan Inventorille ja materiaaliluetteloiden ja revisioiden hallinnan [4]. Vahteruksen tarpeita vastaa parhaiten Vault Workgroup, sillä Vault Professional on

ylimitoitettu, koska se on lähinnä tarkoitettu yrityksille, joilla käytetään Vaultia laajasti ympäri maailmaa [20].

Sovellukseen liittyy kolme käyttöliittymää. Yksi on sisällytetty Autodesk Inventoriin siten, että suunnittelijalla on mahdollisuus suorittaa Check In- ja Check Out -toiminnot joustavasti ja helposti. Toinen on Autodesk Vault Explorer, joka on oma ohjelmansa. Se on tarkoitettu käyttäjille, joilla on tarve päästä selaamaan ja katselemaan tietoholvin sisältöä, mutta joilla ei ole tarvetta muokata dokumentteja. Kolmas on Autodesk Vault Manager, jolla hallinnoidaan tietoholvia. Sen avulla Vault Administratorin tehtäviin valtuutettu henkilö pitää huolta tietoholvissa olevista projekteista, käyttäjistä ja käyttöoikeuksista. [8, s. 129]

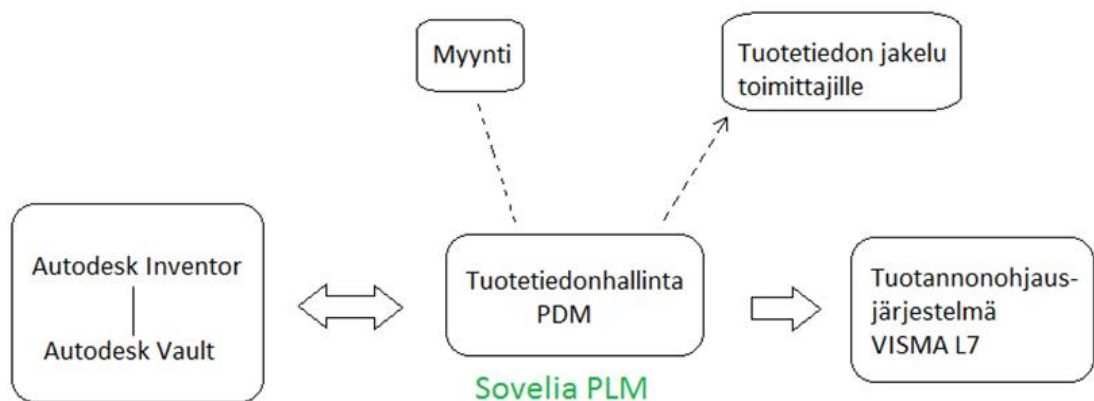
6.3 Tiedonhallintajärjestelmän soveltuvuus

Kuten edellä kerrottiin, Sovelia PLM:n yleisin rakenne pitää sisällään suunnitteluohjelman, tuotetiedonhallinta- ja tuotannonohjausjärjestelmän. Vahteruksen tapauksessa siihen lisättäisiin vielä myynti- ja tuotetiedon jakelu toimittajille -ratkaisut. Cad-Q toimittaa Sovelia PLM -sovelluksen, jossa on valmiina liitteessä F esitettyjen ratkaisujen pohjat ja pohjiin ajettavat ohjelmat ja järjestelmät tulevat yritykseltä itseltään.

Autodesk Inventorilla tehtävät dokumentit ja muut tiedostot tallennettaisiin Autodesk Vaultiin, joka olisi ainoastaan suunnittelijoiden käytössä. Vault on paikka, jossa voidaan turvallisesti muokata dokumentteja, koska se säilyttää kaikki versiot dokumenteista. Vault olisi ohjelma, jossa säilytettäisiin dokumenttien väliversiot ja vasta lopulliset versiot siirrettäisiin Soveliaan. Vault on kokoajan tietoinen Inventor-tiedostojen tilasta, jolloin ei olisi tarvetta siirtää dokumenttien väliversioita Soveliaan. Autodesk Vault huolehtisi dokumenttien väliversioista ja Sovelia loppudokumentoinneista ja niiden siirrosta. Kun suunnittelija kuittaa Inventorin puolelta dokumentin suunnittelun valmiiksi, siirtyisi valmis dokumentti automaattisesti Soveliaan. Sovelian ja Inventorin välinen tiedonsiirto tapahtuisi kaksisuuntaisesti ja automaattisesti, jolloin suunnittelijan ei tarvitsisi huolehtia tiedostojen tallennuksista tai tiedostoformaateista. Kaksisuuntaisuuden avulla voitaisiin Soveliasta siirtää tiedostopohjaista tietoa Inventoriin, josta olisi mahdollista muodostaa cad-rakenne. Myös Sovelian ja tuotannonohjausjärjestelmän välinen tiedonsiirto tapahtuisi automaattisesti, mutta vain suuntaan Sovelia – tuotannonohjausjärjestelmä. Tätä tapahtuisi vain silloin, kun suunnittelu kuitataan Sovelian puolella valmiiksi. Muiden ratkaisujen tuottamat dokumentaatiot tallennettaisiin suoraan Soveliaan. Soveliasta olisi mahdollisesti apua, kun käsittelyssä on monta dokumenttia samanaikaisesti. Sovellus sisältää ominaisuuden, joka kertoo esimerkiksi mitkä kaikki dokumentit on siirretty alihankkijoille. Tällöin dokumenttien lähettäjä pysyisi dokumenttilähetysistä ajantasalla. Sovelia PLM:n olisi tarkoitus olla kaikkien työntekijöiden käytössä, mutta kuitenkin käyttöoikeuksien avulla rajaten. Näin pystyttäisiin varmistamaan, että työntekijät käsittelevät vain heille sallittuja dokumentteja.

Luvussa 3.3 ehdotettiin, että suunnitelun käyttämien ohjelmien keskinäinen linkitys tai niiden vähentäminen/yhdistäminen voisi parantaa tiedonkulkua mahdollisessa uudessa järjestelmässä. Sovelia PLM jakaisi tietoa ohjelmien välillä, jotka on linkitetty sen sisältämiin pohjiin. Esimerkiksi myyntikoordinaattorin syöttämät tilaustiedot siirtyisivät sovelluksen kautta automaattisesti käytettäviin ohjelmiin ja tilausta koskeviin dokumentteihin. Näin vähennettäisiin tietojen uudelleenkirjaamista ja tieto siirtyisi automaattisesti eteenpäin.

Uudessa tiedonhallintajärjestelmässä tarkoituksena olisi kerätä mahdollisimman monta käytössä olevaa ohjelmaa yhteen järjestelmään ja samalla myös vähentää niiden määrää. Sovelia PLM:n avulla olisi mahdollista korvata nykyisin käytössä olevat M-Files ja osaluettelo-ohjelma sekä siihen voitaisiin linkittää Visma L7 -toiminnanohjausjärjestelmä. Soveliasta on mahdollista tulostaa ulos raportteja, esimerkiksi rakenteen osaluettelo. Osaluettelo rakentuisi automaattisesti, kun suunnittelija valitsisi osia Sovelian omasta tuotekirjastosta. Jos suunnittelija tekisi kuitenkin uuden osan, avaisi Sovelia ikkunan, johon syötettäisiin uuden osan tiedot. Tämän jälkeen tiedot tallentuisivat automaattisesti Soveliaan ja osan tiedot siirtyisivät automaattisesti dokumentteihin, jossa sitä olisi käytetty, kuten esimerkiksi osaluetteloon ja piirustuksiin. Kaikki dokumentit tallennettaisiin suoraan Soveliaan, joten erillistä dokumentinhallintajärjestelmää ei olisi tällöin tarvetta käyttää. Jos M-Files poistettaisiin käytöstä, ajettaisiin sen sisältämät tiedostot Soveliaan, jolloin kaikki dokumentit löytyisivät samasta paikasta. Visma L7 olisi hyvä linkittää Soveliaan, koska tällöin tieto siirtyisi eteenpäin tuotantoon ja tuotantoon menevät dokumentit olisivat tarvittaessa kaikkien nähtävillä. Samalla Soveliaan syötetty tieto siirtyisi automaattisesti tähän järjestelmään ja se vähentäisi tietojen uudelleenkirjaamista. Kuvassa 18 on esitetty edellä kuvattu mahdollinen tiedonhallintajärjestelmä. Kuvassa näkyy myös mahdolliset tiedon kulkusuunnat.



Kuva 18. Ehdotettu tiedonhallintajärjestelmä.

7. VERTAILU NYKYTILANTEeseen

Luvuissa 4-6 tutkittiin kehitysvaihtoehtojen mahdollisuuksia, jos niiden avulla pystyttäisiin parantamaan nykyistä tilaus- ja toimitusprosessia. Tässä luvussa verrataan näiden lukujen tuloksia nykytilanteeseen.

7.1 Kehitysvaihtoehdon 1 vertailu nykytilanteeseen

Vertaillessa nykyisen mittakuvan tekoprosessia Inventorilla tehtävään, esille nousi sekä hyviä että huonoja asioita. Nykyistä SolidWorksin tuottamaa mittakuvaa ei siis voida käyttää suunnittelussa hyödyksi sen virheellisyyden vuoksi. Inventorilla tehtyä mittakuvaa on mahdollista hyödyntää suunnittelussa, kun se vain tallennetaan AutoCad DWG files -formaattiin. Tällöin kuvaa voidaan muokata AutoCadilla. Tällä hetkellä suunnittelun pitää tehdä mittakuva alusta, mutta Inventorilla tuotetusta mittakuvasta voidaan hyödyntää joko pelkkiä kuvantoja tai kokonaista yksityiskohtaista mittakuvaa. Pelkkiä kuvantoja hyödynnettäessä, voidaan kuvannot kopioida Inventor-piirustuksesta ja liittää ne nykyiseen piirustuspohjaan. Yksityiskohtaisen mittakuvan kohdalla tulee Inventorissa olla valmiiksi asetettu nykyisen mittakuvan suunnitteluasetukset, jotta ne toimivat AutoCadin puolella. Muuten Inventorin omat suunnitteluasetukset siirtyvät AutoCadin puolelle. Kuitenkaan nykyisen mittakuvan suunnitteluasetusten asettaminen Inventorin opiskelijaversiossa ei onnistu, vaan Inventorin omat asetukset pitää vaihtaa samanlaisiksi kuin nykyisen piirustuspohjan on. Myöskään nykyisen piirustuspohjan tallentaminen piirustusarkkivalikoimaan ei ole mahdollista. SolidWorksin tuottamassa mittakuvassa ei näy sisäosia, mutta Inventorin kuvassa ne on mahdollista saada näkyviin.

Kun nykyistä mittakuvaa tulostetaan AutoCadin puolella, tulostuu se automaattisesti musta-valkoisena. Inventorilla tehdyn mittakuvan kohdalla asia on hieman toisin. Kun Inventorin kuvan teossa on käytetty oletuskuvatasoja, tulostuu mittakuva AutoCadin puolella musta-valkoisena. Toisaalta muutettaessa Inventorin oletuskuvatasot värillisiksi, tulee mittakuva tulostaa värikuvana. Jos halutaan kuvasta musta-valkoinen tulostus ja halutaan kuvatasot värillisinä, on Inventorin kuvan kuvannot kopioitava nykyiseen AutoCad-piirustuspohjaan ja vaihdettava kuvantoihin kyseisen piirustuspohjan omat kuvatasot. Toinen vaihtoehto on asettaa Inventoriin nykyisen piirustuspohjan asetukset valmiiksi, jolloin ne siirtyvät suoraan AutoCadiin ja tulostuvat oikein. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista opiskelijaversiossa, vaan Inventorin omat asetukset tulee vaihtaa samantapaisiin, kuin nykyiset piirustuspohjan asetukset ovat. Nämä asiat pätevät myös Inventorilla tehtyjen hitsauskarttojen tulostuksille. Molempien ohjelmien mittakuvien päivitys on tehtävä manuaalisesti AutoCadin puolella.

Kun verrataan nykyistä mittakuvan tekoprosessia Inventorilla tehtävään, on hyvä tarkastella myös mahdollisia kustannuksia ja prosesseihin kuluva ajankäyttöä. Tässä työssä ei kuitenkaan mainita tarkkoja rahallisia kustannuksia. Jos käytössä oleva SolidWorks haluttaisiin korvata Autodesk Inventorilla, pitäisi myös käytössä oleva konfiguraatio vaihtaa Inventor-pohjaiseen konfiguraatioon. Tällöin Inventorilla pystyttäisiin tekemään Sizing-ohjelmiston avulla 3D-malli samalla tavalla, kuin nykyään SolidWorksilla. Inventorista tarvitsisi hankkia vain yksi lisenssi, jolloin siitä aiheutuvat kustannukset jäisivät suhteellisen alhaisiksi, kun verrataan sitä saataviin hyötyihin.

Kun verrataan nykyprosessilla ja Inventorilla tehtävien mittakuvien tekemiseen kuluvia aikoja keskenään, on tarkkojen lukujen saaminen vaikeaa. Yksi mahdollinen syy tähän on tämän diplomityön tekijän vähäinen käyttökokemus Autodesk Inventorista, jolloin Inventorilla tehtävää tekoprosessia ei voida suoraan verrata nykyiseen prosessiin. Kuitenkin tekoprosesseihin kuluva aikaa voidaan verrata toisiinsa muilla keinoilla. Jos Inventoriin pystyttäisiin asentamaan nykyisen mittakuvan teossa käytettävät suunnitteluasetukset, tällöin voitaisiin hyödyntää koko Inventorin tuottamaa mittakuvaa. Tällöin säästettäisiin huomattavasti aikaa nykyiseen prosessiin verrattuna, kun mittakuvaa ei tarvitsisi tehdä kokonaan alusta. Jollei asetusten asentaminen onnistu, voitaisiin tällöin hyödyntää Inventorin tuottamasta mittakuvasta vain kuvannot, jolloin ne siirrettäisiin nykyiseen piirustus pohjaan. Tässä tapauksessa suunnittelijoiden tulisi muokata kuvannot nykyisten suunnitteluasetusten mukaisiksi. Kuvantojen hyödyntämisellä säästettäisiin edes jonkin verran aikaa siihen nähden, että ne jouduttaisiin tekemään aina alusta asti.

7.2 Kehitysvaihtoehdon 2 vertailu nykytilanteeseen

Tarkasteltaessa parametrisoidun kokoonpanon ja nykyisen mittakuvan tekoa keskenään, nousi esille lämmönsiirtimen konkreettinen tarkastelu. Kokoonpanon avulla voidaan suorittaa törmäystarkasteluja ja katsoa osien yhteensopivuuksia tarkemmin. Mittakuvassa nähdään vain lämmönsiirtimen kuvannot tietyistä suunnista ja konkreettinen tarkastelu voidaan suorittaa vasta tuotannossa. Inventorista saatua parametrisoitua kokoonpanoa voi muokata helposti parametrien avulla, kun taas nykyinen mittakuva joudutaan tekemään alusta. Parametrit takaavat, että suunnittelijan ei tarvitse kajota osien ja kokoonpanon geometrioihin, jolloin muutoksista syntyvät virheet vähenevät. Excel-taulukkoa käytettäessä parametrien muokkaaminen tapahtuu taulukon kautta ja muutokset päivittyvät suoraan rakenteeseen. Parametrisoitua kokoonpanoa tehdessä suunnittelijan tulee miettiä sekä osien että kokoonpanon mitoitus määrityksiä tarkasti, jotta ne olisivat jatkossa helposti muokattavia. Myös osien sijoittelua on mietittävä, jotta kokoonpano pysyy kasassa, kun siihen tehdään muutoksia.

Nykyinen mittakuva lähetetään asiakkaalle hyväksyttäväksi. Asiakas ei tee mittakuvaan muutoksia, vaan suunnittelija. Kun suunnittelija tekee muutokset, taataan vain sellaiset muutokset, jotka mahdollistavat lämmönsiirtimen valmistuksen. Parametrisoidun

kokoonpanon voi lähettää asiakkaalle, jolloin asiakas voi itse tehdä siihen muutokset. Huono puoli on, että suunnittelija ei saa lukittua kriittisiä mitoituksia, joiden puitteissa muutokset tulisi tehdä. Riskinä on, että asiakas muuttaa mitoitusta siten, että lämmönsiirrintä ei voida valmistaa. Jos kokoonpano halutaan kuitenkin lukita, tulee kokoonpanosta tehdä iAssembly. Tällöin kokoonpanon rakenne on kokonaan lukittu ja asiakas ei voi tehdä siihen muutoksia, vaan niiden tekeminen jää suunnittelijalle.

Kun parametrisoituun kokoonpanoon kuuluvaa osaa muokataan, päivittyvät muutokset automaattisesti kokoonpanoon. Nykyinen mittakuva tulee päivittää manuaalisesti ja tämä hidastaa mittakuvan tekoprosessia. Suunnittelijan tulee muistaa päivittää jokainen kuvanto, jolloin myös mahdollisten virheiden määrä kasvaa. Nykyinen mittakuva ja parametrisoitu kokoonpano ovat tiedostomuodoiltaan erilaiset, joten myös tiedostotilan tarpeessa on eroa. Nykyinen mittakuva vaatii vähemmän tiedostotilaa (360 KB), koska kokoonpano sisältää itsensä lisäksi siihen kuuluvat osat (1140 KB). Jos osista on tehty iPart:ja ja niistä tehdään kokoonpano, on tiedostotilan tarve suuri (4003 KB) verrattuna parametrisoituun kokoonpanoon. Parametrisoituja kokoonpanoja ja niiden osia ei voida tallentaa M-Filesiin, joten niille pitää olla erillinen tallennuspaikka. Tähän voisi soveltua erillinen levyasema tai serveri, johon tallennettaisiin kokoonpanojen ja osien lisäksi myös niiden piirustuksia. Tällöin kaikki löytyisivät samasta paikasta. Kokoonpanopiirustusten lopulliset versiot voitaisiin tallentaa M-Filesiin. Osakuvat voisi tallentaa M-Filesiin kuten nykyiset osakuvat. M-Filesiin arkistoituna piirustukset eivät olisi muokattavia, joten niistä tulisi tällöin olla muokattavat versiot levyasemalla/serverillä. Piirustukset dokumentoitaisiin M-Filesiin pdf- ja/tai dwg-formaattina.

Kuten luvussa 5.2.2 kerrottiin, parametrisointiin voidaan käyttää Excel-taulukkoa. Ajatuksena olisi, että parametrisointi toteutettaisiin Sizing-ohjelmiston avulla siten, että parametrisointiin tarvittavat tiedot poimittaisiin Sizing-ohjelmistosta, josta ne siirrettäisiin siirtotiedoston avulla Inventor-pohjaiseen konfiguraatioon, jolloin saataisiin valittua oikeat osat kokoonpanoihin. Osaluettelo-ohjelma toimisi Sizing-ohjelmiston taustalla. Osaluettelo-ohjelmaa käytettäisiin tähän tarkoitukseen vain tarvittaessa. Kun verrataan Excel-taulukon avulla parametrisointia nykyprosessiin, onnistuu mahdollisten muutosten tekeminen huomattavasti nopeammin taulukon kautta. Kun taulukko ja rakenne on linkitetty keskenään, taulukon saa suoraan auki rakenteen piirrepuusta, jolloin sitä ei tarvitse etsiä ja avata erikseen. Samalla myös muutosten tekeminen käy nopeasti ja ne siirtyvät rakenteeseen automaattisesti, kun nykyprosessissa tulee muutokset tehdään manuaalisesti ja ne pitää muistaa tehdä jokaiseen kuvantoon erikseen. Kun verrataan Sizing-ohjelmiston ja osaluettelo-ohjelman toimintoja nykyprosessissa ja Excel-taulukon avulla tehtävässä parametrisoinnissa, molemmissa tapauksissa ne toimisivat muuten samalla tavalla, mutta Excel-taulukon tapauksessa molemmat olisi lisäksi linkitetty parametreihin. Sekä Sizing-ohjelmisto että osaluettelo-ohjelma tuottaisi edelleen samat dokumentit kuin nykyprosessissa.

Kun verrataan parametrisoidun kokoonpanon ja nykyisen mittakuvan tekoa keskenään, on näihin käytettyä aikaa vaikea verrata, koska niiden tekoprosessit ovat keskenään täysin erilaiset. Toinen on 2D-suunnittelua ja toinen 3D-suunnittelua. Jos kokoonpanon parametrisointi voitaisiin tuottaa automaattisesti joko Excel-tilukon avulla tai ilman edes johonkin pisteeseen asti, säästettäisiin sillä aikaa nykyisen mittakuvan tekoprosessiin verrattuna, koska kokoonpanoa ei tarvitsisi tehdä alusta alkaen. Parametrien käytön avulla saataisiin vähennettyä myös muutoksista johtuvien virheiden määrää ja niiden korjaamiseen kuluva aika, kun suunnittelija muokkasi vain parametreja. Muutosten päivittämisessä säästetään myös aikaa, koska parametrisoidussa kokoonpanossa se tapahtuisi automaattisesti, kun taas nykyprosessissa muutokset pitää päivittää manuaalisesti.

Harkittaessa siirtymistä 3D-suunnitteluun, on pohdittava vaikutusten lisäksi myös siihen siirtymisestä aiheutuvia kustannukset. Kuten luvussa 4 tarkastellussa tapauksessa, myös tässä vaihtoehdossa nykyisin käytössä oleva SolidWorks vaihdettaisiin Autodesk Inventoriin, jolloin tulisi hankkia Inventor-lisenssi. Kyseistä lisenssiä käytettäisiin muodostamaan parametrisoituja kokoonpanoja automaattisesti Inventor-pohjaisen konfiguraation avulla. Koska Inventor tuottaisi parametrisoituja kokoonpanoja, pitäisi myös suunnittelijoilla olla Inventor, jotta he voisivat muokata kyseisiä kokoonpanoja. Tällöin suunnittelijoiden käytössä oleva AutoCad vaihdettaisiin Inventoriin, joka edellyttäisi Inventor-lisenssien hankkimista. Tämän lisäksi suunnittelijat tulisi kouluttaa käyttämään Inventoria ja koulutuksen pitäisi joko Cad-Q tai joku muu ulkopuolinen taho. Inventor-ohjelmat tulisi myös asentaa suunnittelijoiden tietokoneille. Koska parametrisoituja kokoonpanoja ja osia ei voida tallentaa M-Filesiin, voisi niiden tallennukseen soveltua mahdollisesti erillinen levyasema tai serveri. Tällöin pitäisi hankkia joko uusi levyasema tai serveri. Uuden levyaseman hankinta ei välttämättä tuottaisi kustannuksia, mutta uuden serveri hankinta tuottaisi. Kuitenkin tämän kehitysratkaisun kustannukset ovat suuremmat kuin luvussa 4 tarkastellun ratkaisun.

7.3 Kehitysvaihtoehdon 3 vertailu nykytilanteeseen

Kun verrataan yrityksen nykyistä tiedonhallintaan Cad-Q:n ehdottamaan järjestelmään, huomataan, että nykyisessä systeemissä tehdään toistuvasti samoja asioita ja ne vievät aikaa varsinaiselta työltä. Suunnittelijat käyttävät keskimäärin noin viittä eri ohjelmaa ja ne eivät ole yhteyksissä toisiinsa, jolloin niihin syötetty tieto ei siirry ohjelmasta toiseen. Tästä johtuen samat tiedot tulee kirjata jokaiseen ohjelmaan erikseen ja virheiden määrä kasvaa huomattavasti. Ehdotetussa järjestelmässä tarvittavat ohjelmat linkitettäisiin Sovelia PLM:än, johon tieto syötettäisiin vain kerran ja se siirtyisi automaattisesti sitä tarvitseviin ohjelmiin ja dokumentteihin. Sovelian sisältämien ominaisuuksien avulla ja ohjelmien linkittämisellä, olisi mahdollista vähentää suunnittelijoiden käytössä olevien ohjelmien määrää. AutoCad vaihdettaisiin Autodesk Inventoriin ja Vaultiin, jotka linkitettäisiin suoraan Sovelian kanssa. M-Files ja osaluettelo-ohjelma olisi mahdollista

jättää pois, koska ne ovat sisäänrakennettu Soveliaan. Visma L7 säilytettäisiin ja linkitettäisiin Sovelian kanssa.

Nykyisessä systeemissä ohjelmat ovat irrallaan toisistaan, joten suunnittelijan täytyy huolehtia, että dokumenttien kaikki versiot on tallennettu ja dokumentoitu oikeisiin paikkoihin ja oikeisiin tiedostoformaatteihin. Ehdotetussa järjestelmässä dokumenttien tallennus tapahtuisi automaattisesti Soveliaan ja ne tallentuisivat juuri sellaisiin formaatteihin, jotka Soveliaan on määritetty. Esimerkiksi suunnittelijan tekemän piirustuksen lopullinen versio tallentuisi automaattisesti Soveliaan ja väliversiot Autodesk Vaultiin. Vault säilyttäisi dokumenttien kaikki väliversiot ja Sovelia lopulliset versiot. Tällä tavoin menettelemällä saataisiin pidetty Soveliaan tallennettavien cad-dokumenttien määrät ja koot kevyinä.

Myös osakuvien hallinnointi onnistuisi Soveliassa, koska se hallinnoi nimirakenteita, jolloin jokaiseen nimikkeeseen voi liittyä yksi tai useampi kuva. Raportti-toiminnolla saataisiin tarvittaessa kerättyä kaikki rakenteeseen liittyvät kuvat. Tämä helpottaisi piirustusten etsimistä ja löytämistä. Samalla kaikki osakuvat löytyisivät samasta paikasta. Nykyisessä systeemissä osakuvat on dokumentoitu arkistoon, S-työasemalle ja M-Filesiin. Arkistoon on dokumentoitu paperimuotoiset kuvat, S-työasemalle järjestyslukuun 37000 asti olevat kuvat ja siitä eteenpäin olevat kuvat M-Filesiin. Tämä vaikeuttaa osakuvien etsimistä, kun pitää muistaa, että mikä osakuva on missäkin paikassa. Soveliassa olisi mahdollisuus hakea osia eri kategorioiden perusteella, kun osat on kategorisoitu. Osat voidaan myös listata esimerkiksi raaka-aineen tai muun arvon (tai yhdistelmän) mukaan, jotka toimivat tällöin hakutietoina. Hakutuloksena Sovelia antaa listan kategoriaan tai hakutietoon sisältyvistä osista. Nykyisessä systeemissä esimerkiksi M-Filesista haettaessa olisi hyvä tietää haettavan osapiirustuksen piirustusnumeron alku. Muulla tavalla haettaessa osakuvien löytäminen on erittäin hankalaa. Osakuvien hakuun käytetään nykyprosessissa myös Visma L7, josta osia voi hakea monella eri tavalla, kuten esimerkiksi tuotteen nimellä tai piirustusnumerolla. Soveliassa olisi myös mahdollisuus käsitellä useamman lämmönsiirtimen osia samalla kertaa. Soveliasta voi halutessaan saada listan, johon on listattu erikseen jokaiseen käsiteltävään lämmönsiirtimeen kuuluvat osat. Tästä saattaisi olla apua ostolle. Tällä hetkellä joudutaan kohdentamaan samanlaiset osat jokaiselle käsiteltävälle lämmönsiirtimille erikseen.

Sovelian avulla dokumenttien jakaminen helpottuisi, sillä siihen kuuluu vakiotoimintona tuotetiedon jakelu toimittajille- ratkaisu. Sen avulla voitaisiin jakaa dokumentteja yrityksen ulkopuolelle hallitusti siten, että yksi alihankkija tai asiakas pystyisi näkemään vain sille tarkoitettut tiedot, eikä mitään ylimäärästä. Samalla Sovelia kertoisi myös, mitkä dokumentit olisi jo lähetetty eteenpäin, jolloin ei kuluisi aikaa lähetettyjen dokumenttien pohtimiseen. Tällä hetkellä dokumenttien lähettäjän tulee itse olla kokoajan ajantasalla lähetetyistä dokumenteista. Jos Soveliaan linkitettäisiin Visma L7, onnistuisi dokumenttien jako tuotantoon samalla tavalla kuin alihankkijoille ja asiakkaille. Tuotanto näkisi vain sille tarkoitettut dokumentit ja Sovelia kirjaisi automaattisesti, mitkä

dokumentit olisivat menneet tuotantoon. Näin saataisiin mahdollisesti sisäisestä tiedon jakamisesta hallittua. Tällä hetkellä suunnittelusta tuotantoon menevät dokumentit jaetaan paperiversioina ja nämä dokumentit löytyvät tarvittaessa M-Filesista.

Ehdotetun tiedonhallintajärjestelmän toimivuutta ja ajanhallintaa on mahdotonta arvioida, koska sitä ei ole mahdollista testata etukäteen. Myös sen vertailu ajansäästömielessä nykytilanteeseen on mahdotonta. Sen vuoksi arvioidaan muita mahdollisia vaikutuksia, joita järjestelmällä olisi nykytilanteeseen. Mietitään myös, mitä kustannuksia ehdotetun tiedonhallintajärjestelmän mahdollinen toteuttaminen tuottaisi. Ehdotetun tiedonhallintajärjestelmän avulla pystyttäisiin parantamaan yrityksen sisäistä tiedon kulkemista. Tiedot kirjattaisiin järjestelmään vain kerran ja ne siirtyisi automaattisesti sitä käyttäviin ohjelmiin ja dokumentteihin, mutta myös samalla sitä tarvitsevien tahojen tietoisuuteen. Nykyisessä systeemissä sama tieto tulee kirjata jokaisessa ohjelmassa erikseen, koska ohjelmat eivät ole yhteyksissä toisiinsa. Järjestelmän avulla pystyttäisiin myös jakamaan tietoa niin yrityksen sisällä kuin ulkopuolella hallitusti. Järjestelmän avulla suunnittelun käyttämiä ohjelmia voitaisiin poistaa ja yhdistää toisiinsa, jolloin tiedonkulku parantuisi.

Ehdotetun järjestelmän kustannukset muodostuvat melko suuriksi, koska nykytilanteeseen tehtäisiin suuria muutoksia. Ensinnäkin ehdotetun järjestelmän pohjat tulee tilata Cad-Q:lta, joka myös asentaisi kyseiset pohjat Vahteruksen tietoteknilliseen pohjaan. Tämän lisäksi järjestelmän pohjiin ajettaisiin käyttöön tulevat ohjelmat, jotka yrityksen tulee hankkia itse. Tässäkin vaihtoehdossa käytössä oleva SolidWorks korvattaisiin pelkällä Inventorilla ja suunnittelun käytössä olevat AutoCadit vaihdettaisiin Inventoreihin ja Vaulteihin. Nämä kaikki vaativat Inventor-lisenssit. Näiden lisäksi hankittaisiin Sovelia PLM-järjestelmä, joka tulisi myynnin, suunnittelun, oston ja tuotannon käyttöön. Kaikille näille tahoille järjestettäisiin koulutukset Sovelia PLM:n käytöstä ja sen lisäksi suunnittelu tarvitsisi myös koulutuksen Inventorin ja Vaultin käytöstä. Koulutukset hoitaisi Cad-Q tai muu ulkopuolinen taho. Tämän kehitysratkaisun kustannukset ovat huomattavasti suurempia kuin lukujen 4 ja 5 ratkaisujen.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tähän lukuun on koottu edellisissä luvuissa tarkasteltujen kehitysvaihtoehtojen tärkeimmät tulokset ja niistä tehdyt johtopäätökset. Jokaisen kehitysvaihtoehdon tulokset ja johtopäätökset on kerätty kehitysvaihtoehtoa vastaaviin lukuihin. Lopussa on vielä kerrottu yleisiä johtopäätöksiä, joita tämä diplomityö on nostanut esille.

8.1 Kehitysvaihtoehto 1: 2D-suunnittelun parantaminen

Yksi tarkastelun menetelmistä oli, että vaihdettiin nykyisin käytössä oleva SolidWorks Autodesk Inventoriin ja tutkittiin, miten Inventor soveltuisi nykyisen mittakuvan tekoon. Autodesk Inventorilla voidaan tehdä pelkistetty tai yksityiskohtainen mittakuva, jota suunnittelija voi käyttää ja muokata AutoCadissa, kunhan se tallennetaan AutoCad DWG files -formaattiin. Mittakuva pysyy oikeassa mittakaavassa, kun se avataan tallennuksen jälkeen AutoCadilla. Kun mittakuva tallennetaan AutoCad DWG files -formaattiin, tulee se päivittää samalla tavalla manuaalisesti kuin nykyinen AutoCadilla tehty mittakuva. Inventor-mittakuvan käyttämistä AutoCadissa hankaloittaa Inventorin omat piirustusasetukset. Ne aiheuttavat ongelmia, niin kuvan teossa kuin sen tulostuksessa. Jos kuitenkin halutaan käyttää Inventorin luomaa mittakuvaa AutoCadissa ja samalla minimoida mahdollisia ongelmia, voidaan menetellä seuraavien vaihtoehtojen mukaan.

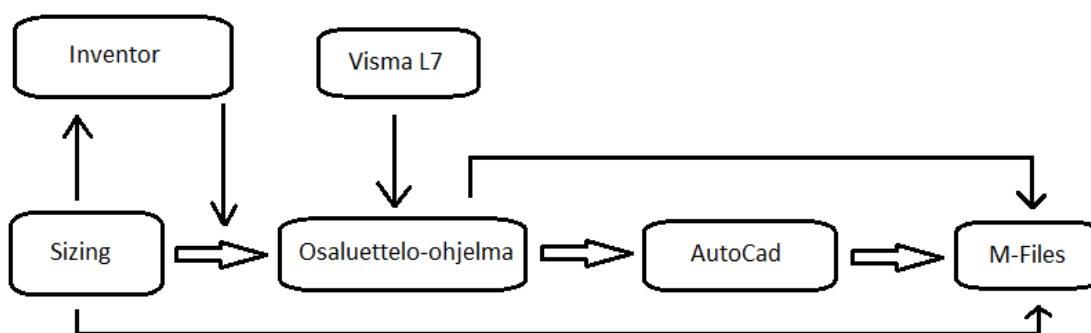
Ensimmäinen vaihtoehto on pitää Inventorin omat piirustusasetukset oletusarvoillaan. Tällöin mittakuvan sisältö näkyy AutoCadin puolella valkoisena. Kun mittakuva halutaan tulostaa, tulostuu se musta-valkoisena. Näin vältetään tulostusongelmilta, mutta mittakuvan tarkastelu AutoCadin puolella voi olla hankalaa, koska viivat erottuvat toisistaan vain viivatyöliin ansiosta. Toinen vaihtoehto on muokata Inventorin piirustusasetukset samanlaisiksi kuin nykyisen AutoCad-mittakuvan asetukset. Tällöin vaihdetut asetukset siirtyvät AutoCadiin ja mittakuvan sisältö näkyy värillisenä. Muutettujen piirustusasetusten takia mittakuva tulee tulostaa värikuvana, jotta vaaleat värit näkyvät paperilla. Tällä vaihtoehdolla vähennetään mittakuvan muokkauksesta syntyviä ongelmia, mutta tulostus tuottaa ongelmia mittakuvassa käytettävien värien takia.

Inventorin piirustusasetusten aiheuttamat ongelmat voidaan välttää kokonaan AutoCadissa, kun kopioi Inventorin luomasta mittakuvasta pelkät kuvannot ja siirtää ne suoraan nykyisin käytettävään AutoCad-piirustuspohjaan. Tällöin kuvantojen piirustusasetukset vaihdetaan AutoCad-piirustuspohjan asetuksiin, jolloin kuvannot toimivat kuten AutoCadilla tehdyt. Kuvantojen asetusten vaihtaminen vie jonkin verran aikaa, mutta huomattavasti vähemmän kuin mittakuvan tekeminen alusta asti. Asetusten

vaihdon ansiosta mittakuvaa voidaan muokata kuten AutoCadilla tehtyjä ja kuva tulostuu automaattisesti musta-valkoisena.

Tämän kehitysvaihtoehdon kustannukset muodostuisivat nykyisin käytössä olevan SolidWorksin vaihtamisesta Autodesk Inventoriin, jolloin pitäisi hankkia Inventor-lisenssi. Jos Inventor otettaisiin käyttöön, tulisi nykyinen valmis konfiguraatio vaihtaa Inventor-pohjaiseen konfiguraatioon, jotta Inventor toimisi kuten SolidWorks. Jos Inventoriin saisi asennettua nykyiset suunnitteluasetukset, voitaisiin hyödyntää Inventorilla tuotettua mittakuvaa kokonaan, jolloin mittakuvan tekeminen nopeutuisi huomattavasti. Jos tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, voitaisiin Inventorin tuottamasta mittakuvasta hyödyntää pelkät kuvannot, joka säästää myös aikaa. Molempien ratkaisujen kohdalla mittakuvan tekeminen helpottuu ja nopeutuu, koska nykyinen mittakuva tehdään alusta asti.

Kehitysvaihtoehdon 1 prosessikaavio ei poikkea nykyisestä (Kuva 5) muuten, paitsi SolidWorksin tilalle tulisi Inventor. Prosessikaavio on näytetty karkeasti kuvassa 19.



Kuva 19. Kehitysvaihtoehdon 1 prosessikaavio.

8.2 Kehitysvaihtoehto 2: Parametrisoitu 3D-suunnittelu

Kuten luvussa 3 esitettyssä kehitysvaihtoehdossa myös tässä SolidWorks korvattaisiin Autodesk Inventorilla. Myös AutoCad korvattaisiin Inventorilla, jolloin siirryttäisiin 3D-suunnitteluun. Mittakuvan sijasta tässä menetelmässä tarkasteltiin Inventorin mahdollisuuksia tuottaa parametrisoitu kokoonpano.

Autodesk Inventorilla on mahdollista tehdä parametrisoitu kokoonpano, jossa sekä osien että kokoonpanon mitoitus on parametrisoituja. Tällaista kokoonpanoa on helppo muokata parametrien ansiosta, koska suunnittelijan ei tarvitse kajota mihinkään geometriin. Parametrisoidun kokoonpanon hyvänä puolena on, että sen osiin tehtävät muutokset päivittyvät itse kokoonpanoon automaattisesti. Huonona puolena on, että kokoonpanon kriittisiä mitoituksia ei saa lukittua, jos se halutaan lähettää asiakkaalle tarkasteltavaksi. Kokoonpanossa ainoastaan osien koko rakenne voidaan lukita, mutta ei yksittäisiä mittoja. Silloin osista pitää tehdä iPart:ja, joiden muokkaus ja rakenne vievät

paljon tiedostotilaa. Jos kuitenkin halutaan lukita kokoonpanon rakenne, on se ainoastaan mahdollista, kun kokoonpanosta tehdään iAssembly. Kokoonpano on silloin täysin lukittu, eikä asiakas voi tehdä siihen muutoksia, mutta pystyy silti tarkastelemaan sitä konkreettisesti. Muutosten tekeminen jää kuitenkin suunnittelijalle. Kuitenkin hyvänä puolena parametrisoidussa kokoonpanossa on, että suunnittelija tekee tällöin mittakuvan asiakkaan hyväksymästä rakenteesta, joka nopeuttaa hyväksymisprosessia.

Parametrisointi voidaan tehdä myös Excel-taulukkoa apuna käyttäen. Nykyisin käytössä olevaa osaluettelo-ohjelmaa voitaisiin soveltaa tähän tarkoitukseen, mutta ajatuksena olisi, että se toteutettaisiin Sizing-ohjelmiston avulla. Sizing-ohjelmiston tuottamat tiedot siirrettäisiin siirtotiedostoon, josta Inventor-pohjainen valmis konfiguraatio lukee ne ja niiden perusteella Inventor muodostaisi parametrisoidun kokoonpanon. Osaluettelo-ohjelma toimisi tällöin tarvittaessa Sizing-ohjelmiston taustalla. Kuitenkin molemmat ohjelmat tuottaisivat samat dokumentit kuten nykyisessäkin prosessissa, vaikka ne osallistuisivat parametrisointeihin.

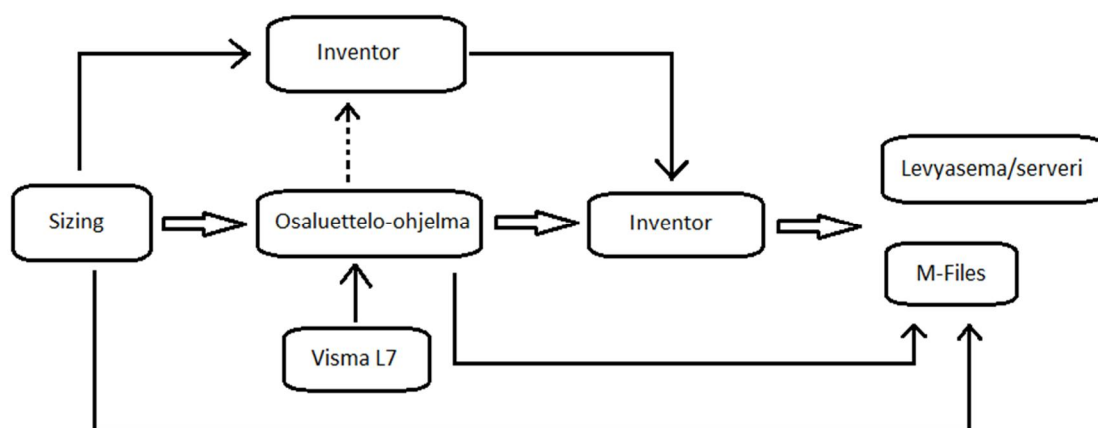
Parametrisoitu kokoonpano on mahdollista tehdä myös iPart-osista. Osien muokkaus kokoonpanossa on hankalaa niiden uudelleen nimeämisten ja kopioituvuuksien takia. Näistä johtuen iPart-osat ja niistä tehty kokoonpano tarvitsevat paljon tiedostotilaa. Vaihtoehto on tehdä kokoonpano standardikomponenteista, mutta nekin kopioituvat samalla tavalla kuin muut iPart-osat ja ne vievät samalla tavalla tiedostotilaa. iPart-osat vaikuttavat myös kokoonpanosta tehtävän mittakuvan tekoon.

Parametrisoitu kokoonpano ja sen osia ei voida tallentaa M-Filesiin. Tallennus voitaisiin hoitaa erillisellä levyasemalla tai serverillä. Myös niiden piirustukset voitaisiin tallentaa levyasemalle tai serverille, jolloin kaikki olisivat samassa paikassa ja piirustuksista säilyisi muokattavat versiot. Kokoonpanopiirustusten ja osakuvien lopulliset versiot voitaisiin dokumentoida M-Filesiin. Tällöin ne tallennettaisiin pdf- ja/tai dwg-formaattiin. Nykyiset osakuvat on tehty AutoCadilla ja kuten luvussa 4.2.3 mainittiin, niitä ei voida muokata Inventorilla. Niitä pystytään kyllä tarkastelemaan, mutta niistä ei esimerkiksi pysty ottamaan mittoja. Joten ne säilytettäisiin, kuten nykyäänkin M-Filesissa. Vaihtoehtona olisi tehdä niistä 3D-mallit ja uudet piirustukset Inventorilla, mahdollisia muutoksia varten.

Siirtyminen 3D-suunnitteluun ei kuitenkaan tapahdu ilman kustannuksia. Tässä vaihtoehdossa kustannuksia tulisi edellisen vaihtoehdon kustannusten lisäksi myös AutoCadin vaihtamisesta Inventoriin, koska jokaiselle suunnittelijalle tarvittaisiin erillinen Inventor-lisenssi. Tämän lisäksi suunnittelijat tulisi kouluttaa käyttämään Inventoria. Koska parametrisoituja kokoonpanoja ja niiden osia ei voida tallentaa M-Filesiin, on tällöin tarvetta toisenlaiselle tallennuspaikalle. Tähän ratkaisuna voisi soveltua erillinen levyasema tai serveri. Serverin hankinnasta aiheutuisi lisäkustannuksia, mutta niin ei välttämättä tapahtuisi levyaseman hankinnasta.

Vaikka siirtyminen 3D-suunnitteluun lisää kustannuksia, olisi sillä myös positiivisia vaikutuksia nykyisen mittakuvan suunnitteluprosessiin. Parametrisoidun kokoonpanon avulla voidaan lämmönsiirtimen rakennetta tarkastella konkreettisemmin jo suunnitteluvaiheessa. Näin voitaisiin vähentää mahdollisia virheitä, kuten esimerkiksi rakenteellisia törmäyksiä. Nykyään konkreettinen tarkastelu tapahtuu vasta tuotannossa. Myös parametrien käyttö helpottaisi suunnittelua, koska tällöin suunnittelijan ei tarvitsisi muokata itse geometrioita, vaan ainoastaan parametreja. Näin vähennettäisiin mahdollisista muutoksista johtuvia virheitä ja säästettäisiin suunnittelu-aikaa. Suunnittelu-aikaa saataisiin säästettyä myös, jos parametrisoitu kokoonpano voitaisiin tehdä edes osittain automaattisesti, jolloin suunnittelijan ei tarvitsisi tehdä kokoonpanoa alusta asti. Nykyinen suunnittelu-aika kuluu mittakuvan alusta asti tekemiseen. 3D-suunnittelussa mahdolliset muutokset päivityisivät kokoonpanoihin automaattisesti, kun mittakuvaan ne tulee nykysysteemillä päivittää manuaalisesti.

Kehitysvaihtoehdon 2 prosessikaavio on esitetty karkeasti kuvassa 20. Se poikkeaa hieman ohjelmien ja niiden toimintojen suhteen nykyisestä prosessista (Kuva 5). Kuvassa osaluettelo-ohjelmasta lähtevällä katkonuolella kuvataan tilannetta, jossa parametrisoitu kokoonpano muodostettaisiin Sizing-ohjelmiston avulla ja osaluettelo-ohjelma toimisi sen taustalla. Jos parametrisointi tehdään ilman Sizing-ohjelmistoa, niin osaluettelo-ohjelma toimii samalla tavalla kuin nykyisessä prosessissa.



Kuva 20. Kehitysvaihtoehdon 2 prosessikaavio.

8.3 Kehitysvaihtoehto 3: Tiedonhallintajärjestelmä

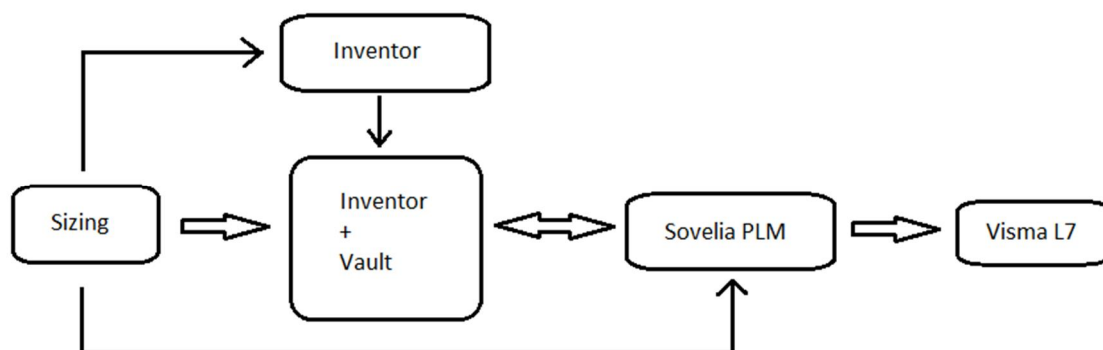
Yrityksessä ohjelmien välinen tiedonsiirron puuttuminen on ongelma. Se aiheuttaa ylimääräistä työtä, kun joudutaan kirjaamaan samat asiat uudestaan eri ohjelmiin. Samalla myös virheiden määrä kasvaa. Cad-Q:n ehdottamassa tiedonhallintajärjestelmässä kyseiset ongelmat on mahdollista ratkaista Sovelia PLM:n avulla. Sovelluksen avulla saataisiin yhdistettyä ja vähennettyä nykyisin käytössä olevia ohjelmia, jolloin tiedonsiirrosta syntyvät ongelmat vähentyisivät. Yrityksen pitää kuitenkin hankkia tai sillä pitää olla jo ennestään ohjelmat, jotka linkitettäisiin Sovelian kanssa. Cad-Q

toimittaa vain Sovelia PLM:n ratkaisujen pohjat, joihin käyttöön jäävät/tulevat ohjelmat ajetaan. Myös yrityksen tietoteknillinen pohja tulee olla kunnossa. Vaikka ohjelmia linkitettäisiin Soveliaan ja niiden määrä vähentyisi, onnistuisi ohjelmien välinen tiedonkulku ainostaan, kun ehdotettu järjestelmä toimisi. Ohjelmat olisivat riippuvaisia Sovelian toiminnasta, joten jos Sovelia PLM:n toiminta häiriintyisi, vaikeuttaisi se tiedon kulkeutumista ohjelmasta toiseen.

Soveliaan yhdistettyjen ohjelmien dokumenttitalennus tapahtuisi automaattisesti ja dokumentit löytyisivät samasta paikasta. Tämä helpottaisi dokumenttien löytämistä ja suunnittelijoiden ei tarvitsisi huolehtia tallennuksista ja tiedostoformaateista. Cad-dokumenttien valmiit versiot tallentuisivat Soveliaan ja dokumenttien muut mahdolliset versiot säilytettäisiin Autodesk Vaultissa. Näin saataisiin pidettyä Soveliaan tallennettavien cad-dokumenttien määrät ja koot kevyinä. Sovelian avulla voidaan myös hallinnoida osakuvia, koska se hallinnoi nimirakenteita, jolloin jokaiseen nimikkeeseen voi liittyä yksi tai useampi kuva. Raportti-toiminnolla voidaan kerätä kaikki rakenteeseen liittyvät kuvat, joka helpottaa kuvien etsimistä ja löytämistä. On myös mahdollista hakea osia erilaisten kategorioiden tai tietojen perusteella, kuten esimerkiksi raaka-aineen mukaan. Hakutuloksena on mahdollisuus saada lista kategoriaan tai hakutietoon sisältyvistä osista. Soveliasta voidaan tulostaa myös erilaisia raportteja, kuten rakenteen osaluettelo, joka muodostuu automaattisesti suunnittelijan valintojen mukaan. Suunnittelijan ei tarvitsisi muuta, kuin tulostaa valmis osaluettelo.

Nykyisyyksissä dokumenttien jakaminen on hankalaa, koska M-Files ei kirjaa, mitkä dokumentit on lähetetty eteenpäin. Soveliassa on vakiotoimintona tuotetiedon jakelu toimittajille -ratkaisu, joka kirjaa ylös eteenpäin lähetetyt dokumentit. Ratkaisun avulla dokumenttien jakaminen yrityksen ulkopuolelle tapahtuisi hallitusti, koska alihankkija tai asiakas näkisi vain sille tarkoitetut tiedot. Tätä tapaa voitaisiin käyttää myös sisäisessä dokumenttien jakelussa. Jos Visma L7 linkitettäisiin Soveliaan, tapahtuisi dokumenttien jakaminen tuotantoon samoin kuin alihankkijoille ja asiakkaille.

Kuten luvussa 5 kuvatussa vaihtoehdossa, myös ehdotetussa tiedonhallintajärjestelmässä käytössä oleva SolidWorks vaihdettaisiin Inventoriin. Myös suunnittelun käyttämä AutoCad vaihdettaisiin Autodesk Inventoriin ja Vaultiin, ja ne linkitettäisiin suoraan Sovelian kanssa. M-Files ja osaluettelo-ohjelma olisi mahdollista jättää pois, koska ne olisi sisäänrakennettu Soveliaan. Visma L7 säilytettäisiin ja linkitettäisiin Sovelian kanssa. Järjestelmässä Sovelia olisi kaikkien työntekijöiden käytössä. Käyttäjien oikeuksia tulotaisiin kuitenkin rajoittamaan, jotta käyttäjät näkisivät vain heille tarkoitetut näkymät. Autodesk Vault olisi ainoastaan suunnittelijoiden käytössä, jolloin muut käyttäjät voisivat tarkastella vain valmiita cad-dokumentteja. Kuvassa 21 on esitetty karkeasti kehitysvaihtoehdon 3 prosessikaavio siihen kuuluvien ohjelmien avulla. Se eroaa huomattavasti nykyisestä (Kuva 5).



Kuva 21. Kehitysvaihtoehdon 3 prosessikaavio.

Koska ehdotettu järjestelmä eroaa suuresti nykyisestä, tietäisi siihen siirtyminen myös suuria kustannuksia. Kuten aikaisemmissakin kehitysvaihtoehdoissa kustannuksia syntyisi, kun käytössä olevat SolidWorks ja AutoCad vaihdettaisiin Autodesk Inventoriin. Tämän lisäksi myös Sovelia PLM hankinta ja sen asentaminen Vahteruksen tietoteknilliseen pohjaan tuottaisi suuria kustannuksia, koska Sovelia PLM:n asentamiseen tarvittaisiin Cad-Q:n palveluja. Näiden lisäksi tarvittaisiin Sovelia PLM:n käytöstä koulutukset myynnille, suunnittelulle, ostolle ja tuotannolle. Suunnittelu tarvitsisi myös koulutuksen Inventorin ja Vaultin käytöstä.

Vaikka järjestelmän hankinta tuottaisi suuria kustannuksia, olisi sillä kuitenkin vaikutuksia nykytilanteeseen. Sen toimiessa tiedonsiirto parantuisi huomattavasti nykytilanteesta, koska tieto pitäisi kirjata vain kerran järjestelmään, jolloin se olisi kaikkien sitä tarvitsevien tahojen saatavilla. Samalla se vähentäisi myös nykyisin tehtävää ylimääräistä työtä. Myös dokumenttien jakaminen eri tahojen välillä olisi hallitumpaa, koska Sovelia kirjaa ylös eteenpäin lähetetyt dokumentit ja jokainen taho näkisi vain heille tarkoitetut dokumentit. Järjestelmällä pystyttäisiin vaikuttamaan myös suunnittelijoiden käyttämien ohjelmien määrään yhdistämällä ja vähentämällä niitä.

8.4 Yleiset johtopäätökset

Tätä diplomityötä tehdessä esille nousi monenlaisia mietteitä ja huomioita, niin yrityksen työntekijöiltä kuin itse tämän diplomityön tekijältä. Yksi suurimmista huomioista on ollut nykyisen tilaus- ja toimitusprosessin huono tiedonsiirto ja itse tiedon jakaminen. Nykyiset ohjelmat eivät ole lainkaan yhteydessä toisiinsa, jolloin samat tiedot tulee kirjata jokaiseen ohjelmaan erikseen. Tämä vie paljon aikaa varsinaiselta suunnittelu työltä ja se kasvattaa huomattavasti virheiden määrää. Virheiden korjaaminen voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa tilausten toimitusaikojen myöhästymisiä ja taloudellisia menetyksiä. Myös yrityksen sisäisen tiedon jakaminen on heikkoa, koska tietoa on monessa eri paikassa ja tieto siirtyy osastolta toiselle joko paperiversiona tai sähköpostin välityksellä. Nämä asiat ovat nousseet esille myös yrityksen työntekijöiltä. Jos tietoa säilytettäisiin yhdessä paikassa, olisi tietoa helpompi etsiä ja löytää. Myös tiedon

kulkeminen yrityksen sisällä helpottuisi. Ainoa keino parantaa ohjelmien välistä tiedonkulkua, on siirtyä johonkin esitetyistä kehitysvaihtoehtoista, koska jokaisella niillä pystyttäisiin vaikuttamaan ohjelmien väliseen tiedonkulkuun edes jollakin tavalla.

Esille on myös noussut mittakuvan tekemisestä aiheutuva ylimääräinen työ ja se, miten sitä voitaisiin vähentää. Mittakuvan tekeminen alusta asti on aikaa vievää ja siitä aiheutuu ylimääräisiä virheitä, kun suunnittelijan tulee itse muistaa lisätä kaikki kuvaan tulevat asiat. Virheiden korjaaminen voi pahimmassa tapauksessa myöhästyttää tilauksien toimitusaikoja. Myös mittakuvan manuaalinen päivittäminen on noussut monesti esille, koska se on erittäin työlästä ja virheitä kasvattavaa. Suunnittelijan tulee muistaa päivittää jokainen kuvanto erikseen. Ratkaisuna näihin tapauksiin olisi 3D-suunnittelun mukaan tuleminen edes jossakin muodossa. 3D-suunnittelun avulla mittakuva voidaan luoda kokoonpanon pohjalta ja kokoonpanoon tehtävät muutokset päivittyisivät automaattisesti siitä tehtyyn mittakuvaan. Myös lämmönsiirtimen rakenteen konkreettinen tarkastelu olisi mahdollista 3D-suunnittelun avulla. Tällöin mahdolliset virheet huomattaisiin jo suunnitteluvaiheessa, eikä vasta tuotannossa, kun lämmönsiirrintä valmistetaan. 3D-suunnitteluun siirtyminen on noussut myös esille suunnittelijoiden keskuudessa. Siirtyminen vaatii kuitenkin rahaa ja 3D-suunnittelun opettelu aikaa, joten siitä voisi pahimmassa tapauksessa aiheutua taloudellisia tappioita. Jos siirtyminen toteutettaisiin portaittain, niin sen vaikutus talouteen voisi olla pienempi. 3D-suunnittelun avulla yrityksen suunnittelu nykyaikaistuisi ja mahdollisesti myös tilausten läpimenoaika lyhenisi. 3D-suunnittelun avulla pystyttäisiin tekemään samanlainen mittakuva, kuin käytössä olevalla AutoCadilla, mutta sen tekemiseen kuluvan työn määrä ja aika vähentyisivät.

Myös yrityksen ulkopuolinen tiedon jakaminen on noussut esille. Tällä hetkellä dokumenttien lähetykset on lähettäjän vastuulla ja siitä voi aiheutua esimerkiksi tilauksen toimituksen myöhästymistä tai taloudellisia menetyksiä. Lähettäjän tulee itse pitää kirjaa, mitä dokumentteja on lähetetty eteenpäin ja kenelle on lähetetty. Tämän asian kehittämiseen olisi tarvetta. Ratkaisuna tähän olisi esimerkiksi ehdotettu tiedonhallintajärjestelmä, joka pitäisi itse kirjata lähetetyistä dokumenteista. Tällöin saataisiin vähennettyä mahdollisia virheitä ja niistä aiheutuvia seurauksia. Ulkopuolisesta tiedon jakamisesta saataisiin samalla hallitumpaa ja samaa tapaa voitaisiin hyödyntää myös yrityksen sisäisessä tiedon jakamisessa.

Yritys on muutospisteen, jossa se voi joko muuttaa nykyistä tilaus- ja toimitusprosessia tai pitää sen ennallaan. Nykyisen tilanteen muuttaminen vaatii kuitenkin sekä rahallisia että ajallisia panostuksia. Tällä hetkellä liikutaan suuntaan, jossa asiakkaat vaativat lyhyempiä toimitusaikoja, jolloin myös tilaus- ja toimitusprosessin läpimenoajan tulisi lyhentyä. Tätä ei kuitenkaan ole mahdollista saavuttaa nykyisellä tilaus- ja toimitusprosessilla. Tämä johtuu muun muassa siitä, että yrityksen suunnittelu ei ole suoraviivaista ja vaadittujen asiakashyväksyntöjen saaminen voi viedä useitakin päiviä, jolloin tilausten läpimenoaika kasvaa. Tulevaisuudessa tuotteiden suunnittelu tulisi tehdä

yhä tehokkaammin, nopeammin ja yksinkertaisemmin. Myös tilausten läpimenoaikojen tulisi olla entistä lyhyempi ja työn laadun pitäisi silti pysyä hyvällä tasolla. Muun muassa näiden asioiden takia nykyisen tilaus- ja toimitusprosessin muuttaminen tulee eteen joka tapauksessa jossakin vaiheessa, jotta yritys pysyisi mukana vaaditussa kehityksessä ja sen toiminta olisi myös entistä kustannustehokkaampaa.

9. YHTEENVETO

Työssä selvitettiin, miten Vahteruksen nykyistä tilaus- ja toimitusprosessia voitaisiin tehostaa. Nykyisessä tilaus- ja toimitusprosessissa joudutaan tekemään mittakuva alusta asti AutoCadilla, vaikka käytössä oleva SolidWorks tuottaakin alustavan mittakuvan, mutta sen mittakaava ei ole oikein ja se sisältää virheellistä tietoa. Myös samoja tietoja kirjataan jokaiseen sitä käyttävään ohjelmaan uudelleen, koska ohjelmat eivät ole yhteyksissä toisiinsa. Muun muassa näiden asioiden kehittämistä tutkittiin kolmella eri vaihtoehdolla: 2D-suunnittelun parantaminen, parametrisoitu 3D-suunnittelu ja tiedonhallintajärjestelmä. Näistä kahta ensimmäistä vaihtoehtoa tutkittiin Autodesk Inventorin avulla ja viimeistä kirjallisuuden ja Cad-Q:lta saamien tietojen avulla.

Kehitysvaihtoehdossa 1 eli 2D-suunnittelun parantamisessa tutkittiin, miten Autodesk Inventor soveltui 2D-kuvan tekoon. Inventor vaihdettaisiin nykyisin käytössä olevan SolidWorksin tilalle, jolloin se tuottaisi alustavan mittakuvan, jonka tekemistä suunnittelu pystyisi jatkamaan. Inventor soveltuu hyvin 2D-kuvan tekoon. Inventorilla tehtyä mittakuvaa voidaan muokata AutoCadissa, kun se tallennetaan AutoCad DWG files -formaattiin. Kuvan mittakaava pysyy oikeana, kun se avataan tallennuksen jälkeen AutoCadissa. Kun menetellään edellä mainitulla tavalla, pystytään Inventorista saatua mittakuvaa hyödyntämään suunnittelussa. Tällöin ei tarvitse tehdä mittakuvaa uudestaan AutoCadilla, kuten nykyisessä tilaus- ja toimitusprosessissa. Jotta Inventorin tuottamaa mittakuvaa voitaisiin hyödyntää kokonaan, tulee Inventoriin asentaa nykyiset suunnitteluasetukset. Muuten mittakuvasta voidaan hyödyntää vain kuvantoja, jolloin ne siirretään nykyisin käytössä olevaan piirustus pohjaan ja vaihdetaan niiden asetukset. Vaikka mittakuvasta hyödynnettäisiin vain pelkkiä kuvantoja, vähentäisi se suunnittelussa tehtävien ylimääräisten töiden määrää.

Kehitysvaihtoehdossa 2 eli parametrisessä 3D-suunnittelussa tutkittiin, miten Inventor soveltui parametrisen kokoonpanon tekoon. Inventor vaihdettaisiin myös tässä tapauksessa SolidWorksin tilalle, jolloin se tuottaisi parametrisoidun kokoonpanon. Myös suunnittelijoiden käyttämä AutoCad vaihdettaisiin Inventoriin. Inventorilla voidaan tehdä parametrisoitu kokoonpano joko Excel-taulukon avulla tai ilman. Excel-taulukon avulla tehtäessä parametrien arvoja muutetaan taulukosta ja ilman tehtäessä parametrien arvoja muutetaan Parameters-valikosta. Molemmissa tapauksissa suunnittelijan ei tarvitse kajota mihinkään geometriihin, jolloin saadaan vähennettyä muutoksista johtuvia virheitä. Parametreihin tehtävät muutokset päivittyvät automaattisesti kokoonpanoon, kun nykyprosessissa mittakuva tulee päivittää manuaalisesti. Mittakuvasta tulee muistaa päivittää jokainen kuvanto erikseen, mutta kokoonpano päivittyy kokonaan automaattisesti osia myöten.

Kolmannella vaihtoehdolla selvitettiin, miten tiedonhallintajärjestelmällä voitaisiin vaikuttaa nykyiseen tiedon jakeluun ja tiedonsiirtoon. Cad-Q ehdotti tiedonhallintajärjestelmää, jossa olisi Sovelia PLM -sovellus, johon linkitettäisiin Autodesk Inventor ja Vault, jotka olisivat suunnittelun käytössä. Soveliaan linkitettäisiin myös nykyisin käytössä oleva Visma L7 -toiminnanohjausjärjestelmä, jonka avulla tieto ja dokumentit kulkisivat tuotantoon. Sovelian käyttöönotto poistaisi nykyisin käytössä olevat osaluettelo-ohjelman ja dokumentinhallintajärjestelmä M-Filesin. Kun ohjelmia yhdistettäisiin ja vähennettäisiin, parantuisi ohjelmien välinen tiedonsiirto ja välttyttäisiin saman tiedon uudelleen kirjaamiselta. Ehdotetussa tiedonhallintajärjestelmässä cad-dokumenttien väliversiot dokumentoitaisiin Vaultiin ja lopulliset versiot Sovelia PLM:ään, jolloin dokumenttien määrät pysyisivät kevyinä. Nykyisessä prosessissa dokumentteja on monessa eri paikassa, joka hankaloittaa niiden etsimistä ja löytämistä. Järjestelmän avulla nämä asiat helpottuisivat, koska dokumentit olisivat samassa paikassa. Myös dokumenttien jakaminen yrityksen sisällä ja ulkopuolella parantuisivat nykyisestä. Sovelia PLM kirjaisi ylös lähetetyt dokumentit, jolloin lähettäjä ei olisi enää vastuussa siitä, mitä olisi jo lähetetty. Soveliassa on ominaisuus, jolla voitaisiin rajata, mitä dokumentteja kukin taho näkisi. Esimerkiksi tuotanto näkisi vain sille tarkoitetut dokumentit.

Jokaisen vaihtoehdon toteuttaminen vaatii rahallisia ja ajallisia panostuksia. 2D-suunnittelun parantamisessa kustannukset muodostuisivat yhden Autodesk Inventor-lisenssin hankinnasta. Parametrisoidun 3D-mallinnuksen kustannukset koostuisivat edellisen vaihtoehdon kustannusten lisäksi myös suunnittelijoille hankittavista Inventor-lisensseistä ja suunnittelijoiden Inventor-kouluttamisesta. Suurimmat kustannukset muodostuisivat kuitenkin ehdotetun tiedonhallintajärjestelmän toteuttamisesta. Parametrisoidun 3D-suunnittelun kustannusten lisäksi kustannuksia muodostuisi Sovelia PLM:n hankinnasta ja asentamisesta. Lisäksi myynnille, suunnittelulle, ostolle ja tuotannolle tulisi kouluttaa Sovelian käyttöä.

Tämän diplomityön tekemiseen oli varattu rajallinen aika, joten Inventorin laajempi testaus jäi vähemmälle. Sen vuoksi olisi hyvä testata Inventorin käyttöä suunnittelun päivittäisessä työssä. Muutamalle suunnittelijalle hankittaisiin ilmaiset kokeilulisenssit Inventorista ja he testaisivat, miten Inventor soveltuisi eri tuotteiden suunnitteluun. Samalla voitaisiin myös testata, onnistuisiko mallinnettujen kokoonpanojen lähettäminen asiakkaalle ja nopeuttaisiko se asiakashyväksyntäprosessia. Sitä ei tämän diplomityön aikana testattu. Edellä mainittujen asioiden testaamisella saataisiin tarkempaa tietoa siitä, kuinka laajassa mittakaavassa Inventor mahdollisesti soveltuisi yrityksen suunnitteluun ja kuinka paljon suunnittelun tulisi muuttaa toimitatapojaan nykyisestä.

Tämän diplomityön tekeminen onnistui hyvin työlle rajatun ajan puitteissa. Yksi suurimmista aikaa vievistä tekijöistä oli, että tämän diplomityön tekijän tuli opetella käyttämään Autodesk Inventoria, josta tekijällä ei ollut lainkaan kokemusta. Kuitenkin sen opetteluun auttoi suuresti muiden samankaltaisten suunnitteluohjelmien käytön

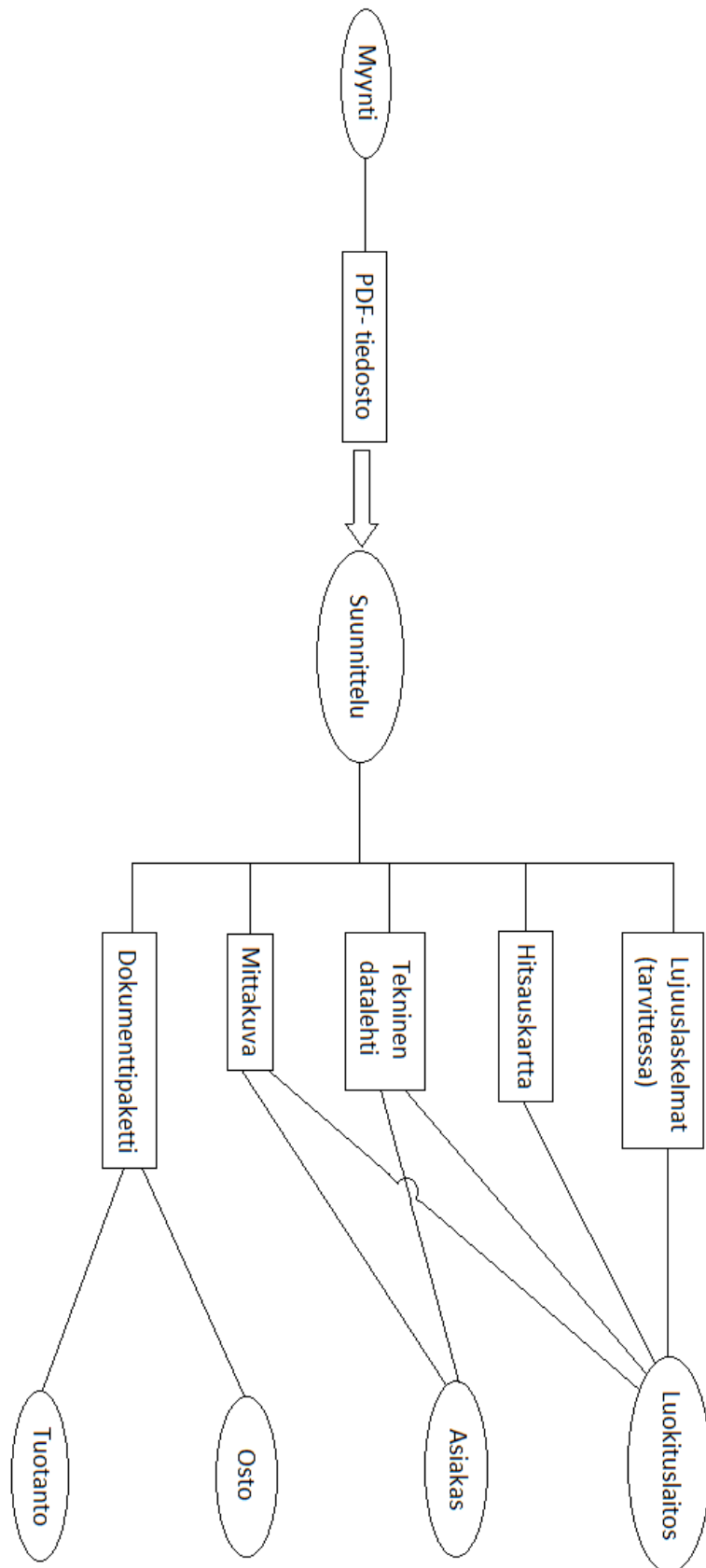
osaaminen. Vaikka opettelu vei paljon aikaa itse työn tekemiseltä, silti Inventorilla tehdyt tutkimukset onnistuivat hyvin ja niistä saatiin hyödyllisiä ja positiivisia tuloksia. Kuitenkin Inventorilla ei pystytty testaamaan kaikkea mahdollista, koska tekijän käytössä oli opiskelijaversio, jonka toimintoja on rajoitettu. Tästä huolimatta saatiin sellaisia tuloksia, joiden avulla voidaan harkita Inventor-ohjelman mahdollista hyödyntämistä kohdeyrityksen toiminnassa. Työn aiheista oli saatavilla melko vähän kirjallista tietoa, mutta silti työstä saatiin kattava tietopaketti. Tähän asiaan vaikutti muun muassa Cad-Q:lta saadut tiedot. Kokonaisuudessaan työ on omasta mielestäni kattava ja onnistunut kokonaisuus.

LÄHTEET

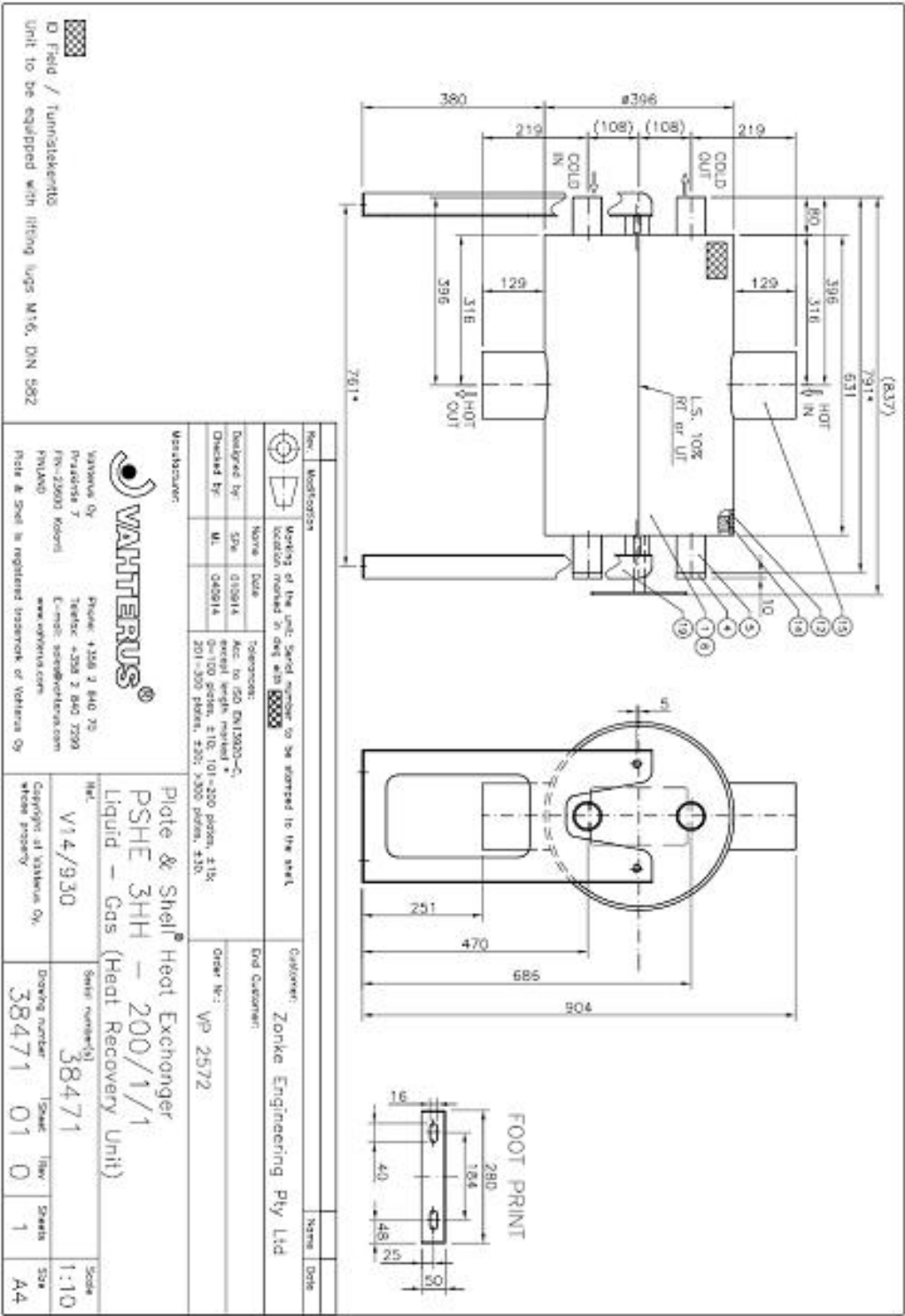
- [1] S. Aarnio, Inventor työvälineeksi, käytännön 3D harjoituksia, Oy Kotkan Kirjapaino Ab, Hamina, 2005, 5 s.
- [2] J. Anttila, Dokumenttien hallinta, Oy Edita Ab, Helsinki, 2001, s. 1-2, 4-5.
- [3] Autodesk Inc., Inventor-tuotteet, [WWW]. [Viitattu 01.10.2015] Saatavissa: <http://www.autodesk.fi/products/inventor/overview>.
- [4] Cad-Quality Finland Oy, Autodesk Vault, [WWW]. [Viitattu 06.08.2015] Saatavissa: <http://www.cad-q.com/fi/tuotteet/tuotteet/autodesk-vault>.
- [5] Cad-Quality Oy, Sovelia, [WWW]. [Viitattu 08.08.2015] Saatavissa: <http://www.sovelia.com/>.
- [6] M. Hakala, Opinnäytetyö, SolidWorks-ohjelman käyttö STX Finlandin toiminnoissa, Turun ammattikorkeakoulu, Turku, 2013, 9 s.
- [7] M.J. Haverila, I. Kouri, A. Miettinen, E. Uusi-Rauva, Teollisuustalous, 6. painos, Infacs Oy, Tampere, 2009, 432 s.
- [8] E. Hietikko, Autodesk Inventor, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2007, s. 23, 128-129.
- [9] E. Hietikko, SolidWorks 2012, Savonia-ammattikorkeakoulu, Kuopio, 2012, s. 14-15.
- [10] L. Hurri, Diplomityö, CAD-ohjelmiston ja ERP-järjestelmän integraatio, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 2009, s. 4-5.
- [11] M. Junttila, Diplomityö, Suunnitteluautomaation implementointi CAD-järjestelmään, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 2014, 18 s.
- [12] J. Kallio, Opinnäytetyö, Työstökoneen mallintaminen ja lisääminen CAM-ohjelmaan, Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere, 2015, 8 s.
- [13] J. Kettunen, M. Simons, Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto pk-yrityksessä, VTT Julkaisuja, Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vantaa, 2001, s. 46-48.
- [14] J. Korhonen, Opinnäytetyö, Sähköiset lähetystiedot toimitusketjun tehostajana, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Jyväskylä, 2012, 30 s.
- [15] J-M. Lehtonen, Tuotantotalous, 1. painos, WSOY, Helsinki, 2004, 139 s.

- [16] MB Solutions, The history of CAD, [WWW]. [Viitattu 15.09.2015] Saatavissa: <http://www.mbdesign.net/mbinfo/CAD-History.htm>.
- [17] R. Naukkarinen, H. Anttonen, Opinnäytetyö, Dokumenttien hallintajärjestelmän valinta Ovako Baer Oy Ab:lle, Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra, 2010, 19 s.
- [18] J. Nieminen, S. Vukusic, Prosessiarviointi, Arviointi tilaus- ja toimitusprosessiin liittyvästä suunnittelusta sekä tuotemalleihin perustuvan suunnittelutoiminnan käynnistämisestä, Etteplan Group, Versio 0.3, 2011, 4 s.
- [19] M. Nyman, diplomi-insinööri, Sales Unit Manager, Cad-Quality Finland Oy, Kalanti. Sähköpostikysely 6.8.2015.
- [20] M. Nyman, diplomi-insinööri, Sales Unit Manager, Cad-Quality Finland Oy, Kalanti. Videopalaveri 12.8.2015.
- [21] M. Parvinen, Opinnäytetyö, Komponenttikirjaston luominen Inventorilla, Mikkelin ammattikorkeakoulu, Mikkeli, 2010, 3 s.
- [22] V. Rahkola, Opinnäytetyö, Ekonomaiserin suunnittelu ja mitoitus, Centria ammattikorkeakoulu, Kokkola-Pietarsaari, 2014, s. 8-9.
- [23] J. Rahkonen, Opinnäytetyö, Lämmönsiirtimen huollossa tarvittavan kääntölaitteen suunnittelu, Hämeen ammattikorkeakoulu, Riihimäki, 2013, 3 s.
- [24] T. Remahl, Opinnäytetyö, Toiminnanohjausjärjestelmän valinta ja hankinta Case: Vaasan Vesi, Vaasan ammattikorkeakoulu, Vaasa, 2011, 16 s.
- [25] S. Riihimäki, Opinnäytetyö, Hissien layoutsuunnittelun kehittäminen, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Jyväskylä, 2013, s. 7-8.
- [26] M. Roihuvuo, Diplomityö, Dokumentinhallintajärjestelmän ja tuotannonohjausjärjestelmän integraatio, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 2013, 3 s.
- [27] R. Saari, Insinöörityö, Levylämmönsiirrinten lämpörikkopenkin automatisointi, Savonia ammattikorkeakoulu, Kuopio, 2010, s. 6-7.
- [28] J. Siirilä, Opinnäytetyö, Dokumenttihallinta Microsoft Sharepoint 2010-järjestelmällä, Satakunnan ammattikorkeakoulu, Pori, 2014, 7 s.
- [29] T. Smått, Tutkintotyö, Tuotetiedonhallinnan järjestäminen ja integroiminen toiminnanohjausjärjestelmään, Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere, 2006, s. 8-9, 11, 16.

- [30] SolidWorks Corp., 3D-CAD-paketit, [WWW]. [Viitattu 10.09.2015] Saatavissa: http://www.solidworks.fi/sw/6455_SVF_HTML.htm.
- [31] SolidWorks Corp., Tietoja SolidWorksista, [WWW]. [Viitattu 10.09.2015] Saatavissa: http://www.solidworks.fi/sw/6453_SVF_HTML.htm.
- [32] S. Suni, Opinnäytetyö, Sisäinen reklamaatiojärjestelmä osana laadunhallintaa, Tampereen ammattikorkeakoulu, 2015, s. 41-42.
- [33] S. Suokas, Opinnäytetyö, Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto, Peikko Finland Oy, Lahden ammattikorkeakoulu, Lahti, 2008, 3 s.
- [34] A. Sääksvuori, A. Immonen, Product Lifecycle Management, 3. painos, Springer Berlin, Berlin, 2008, s. 3, 6, 9, 18.
- [35] M. Tölli, Opinnäytetyö, Alapalokamiinan lämpötekkinen laskenta, Oulun ammattikorkeakoulu, Oulu, 2015, 14 s.
- [36] Vahterus Oy, Yrityksen kotisivut, [WWW]. [Viitattu 18.06.2015] Saatavissa: <http://www.vahterus.com/fi>.
- [37] A. Viertamo, Opinnäytetyö, Sähkösuunnittelun ohjelmistotyökalujen ja menetelmien tehokas hyödyntäminen, Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere, 2012, 8 s.
- [38] M. Viitala, Opinnäytetyö, Dokumentinhallinta pk-yrityksessä, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, Kokkola, 2010, s. 2-3, 31, 33.
- [39] K. Vähätalo, Diplomityö, Levylämmönsiirtimen virtaus ja lämmönsiirron mallinnus, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 2015, s. 9-11.
- [40] T. Ylitalo, Opinnäytetyö, Suunnittelun tehostaminen ja automatisointi, Turun ammattikorkeakoulu, Turku, 2008, s. 12-13.

LIITE B: TILAUS- JA TOIMITUSPROSESSIN KULKU

LIITE C: LÄMMÖNSIIRIN PSHE 3HH-200/1/1



LIITE E: AUTODESK INVENTORILLA TEHTY HITSAUSKARTTA

